

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年 9 月 23 日 (23.09.2004)

PCT

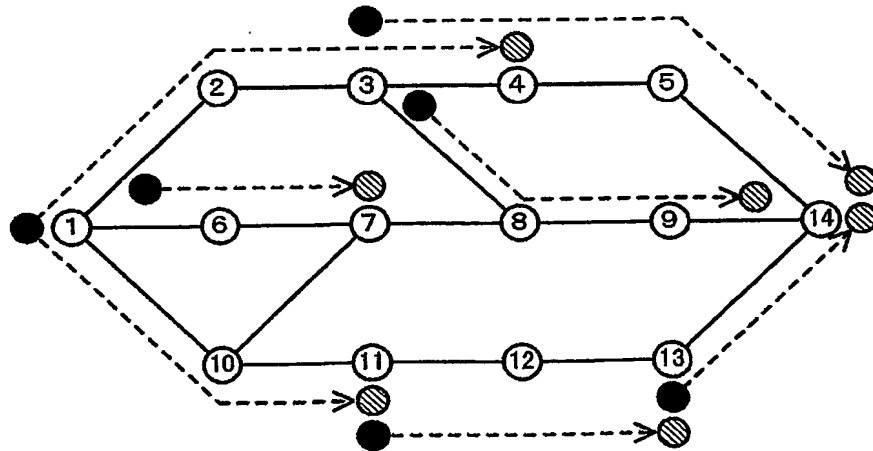
(10) 国際公開番号  
WO 2004/082208 A1

- (51) 国際特許分類: H04L 12/24, H04B 10/20 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8116 東京都千代田区 大手町二丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/003301
- (22) 国際出願日: 2004 年 3 月 12 日 (12.03.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大木 英司 (OKI, Eiji) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都 武蔵野市 緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 三澤 明 (MISAWA, Akira) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都 武蔵野市 緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 片山 勝 (KATAYAMA, Masaru) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都 武蔵野市 緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 岡本 聡 (OKAMOTO, Satoru) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都 武蔵
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2003-69216 2003 年 3 月 14 日 (14.03.2003) JP  
特願2003-69223 2003 年 3 月 14 日 (14.03.2003) JP  
特願2003-69233 2003 年 3 月 14 日 (14.03.2003) JP  
特願2003-69246 2003 年 3 月 14 日 (14.03.2003) JP

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL NODE DEVICE, NETWORK CONTROL DEVICE, MAINTENANCE-STAFF DEVICE, OPTICAL NETWORK, AND 3R RELAY IMPLEMENTATION NODE DECISION METHOD

(54) 発明の名称: 光ノード装置および網制御装置および保守者装置および光ネットワークおよび 3 R 中継実施ノードの決定方法



(57) Abstract: It is possible to constitute an economical optical network by effectively using network resources by using the bare minimum number or capacity of 3R relay device. A local device holds 3R section information corresponding to topology information on the optical network to which the local device belongs and references the 3R section information held so as to autonomously judge whether the local device is an optical node device for carrying out the 3R relay when setting an optical path via the local device. Alternatively, when the local device is a source node, the local device specifies another optical node device for carrying out the 3R relay among the other optical node devices via which the optical path from the local device to the destination node passes and requests the optical node device specified to carry out the 3R relay when setting an optical path in which the local device is a source node.

(57) 要約: 必要最小数あるいは必要最小能力の3R中継器を用いてネットワークリソースの有効利用を図り、経済的な光ネットワークを構成する。自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を保持し、保持された3R区間情報を参照して自己を経由する光パスの設定に際し自己が3R中継を実施する光ノード

[続葉有]

WO 2004/082208 A1



野市 緑町 3 丁目 9-1 1 N T T 知的財産センタ内  
Tokyo (JP).

(74) 代理人: 志賀 正武 (SHIGA, Masatake); 〒104-8453 東  
京都 中央区 八重洲 2 丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が  
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,  
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,  
ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,  
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,  
NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,  
SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が  
可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL,  
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG,  
KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY,  
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,  
NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,  
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

装置か否かを自律的に判断する。または、自己が発ノードであるときに自己から着ノードまでの光パスが経由する  
他光ノード装置の中で 3R 中継を実施する他光ノード装置を特定し、この特定された他光ノード装置に対して自己が  
発ノードである光パスの設定に際し 3R 中継の実施を要求する。

## 明 細 書

光ノード装置および網制御装置および保守者装置および光ネットワークおよび3 R中継実施ノードの決定方法

## 技術分野

本発明は光信号を交換接続する光ネットワークに利用する。特に、3 R (Reshaping, Retiming, Regenerating) 中継を行う光ノード装置を含む光ネットワークに関する。

本願は、2003年3月14日に出願された特願2003-69216, 特願2003-69223, 特願2003-69233, 特願2003-69246 に対し優先権を主張し、その内容をここに援用する。

## 背景技術

光ネットワークでは、ファイバの損失やロス、クロストークを考慮して光伝送路の途中で3 R中継を施す必要がある。従来の光ネットワーク構成を図87に示す。3 R中継を施すためには光伝送路途中の光ノード装置1001に3 R中継器1002を挿入する。実際には、3 R中継を行わなくてもある程度の距離まで伝送可能であるので、全ての光ノード装置1001に3 R中継器1002を設置しなくてもよいはずであるが、3 R中継を行わなくても伝送可能な距離は、光ノード装置が有する光デバイスの性能、光ノード装置間の光ファイバの材質、あるいは、使用波長などにより異なるため、その距離は一律には定まらず、光ネットワーク全体にわたり3 R中継を行わなくても伝送可能な距離を求める効率的な方法がなく、従来は、図87に示すように、各段毎に3 R中継器1002を挿入し、如何なるルートにパスが設定されても光信号の劣化を補うことができるようにしている（例えば、非特許文献1、2、3参照）。

非特許文献1：大木英司、島崎大作、塩本公平、松浦伸昭、今宿亙、山中直明、「分散制御によるダイナミック波長変換GMPLSネットワークの性能評価」、信学技報、社団法人電子情報通信学会、2002年2月、p. 5-10

非特許文献 2 : Ken-ichi Sato, Naoaki Yamanaka, Yoshihiro Takigawa, Masafumi Koga, Satoru Okamoto, Kohei Shiimoto, Eiji Oki, Wataru Imajuku, "GMPLS-Based Photonic Multilayer Router (Hikari Router) Architecture: An Overview of Traffic Engineering and Signaling Technology", IEEE Communications Magazine, March 2002, p.96-101

非特許文献 3 : Eiji Oki, Daisaku Shimazaki, Kohei Shiimoto, Nobuaki Matsuura, Wataru Imajuku, Naoaki Yamanaka, "Performance of Distributed-Controlled Dynamic Wavelength-Conversion GMPLS Networks", First International Conference on Optical Communications and Networks 2002, November 11-14, 2002, Shangri-La Hotel, Singapore

3 R中継器は高価であり、この3 R中継器をできるだけ使用しないと光ネットワークはきわめて経済的に実現できる。しかし、従来は、3 R中継を行わなくても伝送可能な距離を光ネットワーク全体にわたり求める有効な方法がないため、3 R中継器を備えなくてもよい箇所を求めることができない。

さらに、従来は、各光ノード装置で、当該光ノード装置を経由する全ての光パスについて3 R中継を施しており、このためには、3 R中継器の3 R中継能力も多数の光パスに対して同時に3 R中継を行える能力が必要になり、低コスト化を図ることが困難である。

#### 発明の開示

本発明は、このような背景の下に行われたものであって、必要最小数あるいは必要最小能力の3 R中継器を用いてネットワークリソースの有効利用を図り、経済的な光ネットワークを構成することができる光ノード装置および光ネットワークを提供することを目的とする。

本発明は、3 R中継を行わずにデータ伝送できる区間である3 R区間を効率的に利用し、あるいは、3 R区間情報を効率的に生成することにより、3 R中継を必要としない箇所に3 R中継器を設置する無駄を省き、ネットワークリソースの有効利用を図り、光ネットワークのコストを安価にすることができる。あるいは、3 R中継が必要となる箇所を特定することにより、3 R中継器を備えた光ノード



ド装置を経由する複数の光パスの中から真に当該光ノード装置で3 R中継を必要としている光パスを抽出し、当該光パスに対してだけ、3 R中継を施すことができるため、3 R中継器の能力を小さくすることができるので、ネットワークリソースの有効利用を図り、光ネットワークのコストを安価にすることができる。

なお、以下の説明では、3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、当該3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、当該3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、当該光パスが双方向であるときに、前記発ノードから前記着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、前記着ノードから前記発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義する。

すなわち、本発明の第一の観点は、光信号を交換接続する光ノード装置であって、自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3 R区間情報を保持する手段と、この保持する手段に保持された前記3 R区間情報を参照して自己を経由する光パスの設定に際し自己が3 R中継を実施する光ノード装置か否かを自律的に判断する手段とを備えている。

このように、各光ノード装置が3 R区間情報を保持することにより、自己に光パスが設定された際には、当該光パスの発ノードがわかれば、自己が当該光パスを伝送される光信号に対して3 R中継を実施するか否かを自律的に判断することができる。

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3 R区間情報を保持する手段と、この保持する手段に保持された前記3 R区間情報を参照して自己が発ノードであるときに自己から着ノードまでの光パスが経由する他光ノード装置の中で3 R中継を実施する他光ノード装置を特定する手段と、この特定する手段により特定された前記他光ノード装置に対して自己が発ノードである光パスの設定に際し3 R中継の実施を要求する手段とを備えてもよい。

これによれば、発ノード以外の光ノード装置では、3 R中継を実施するか否かの判断をしなくてもよいので、その分の処理負荷を軽減させることができる。例

例えば、自光ノード装置内を多数の光パスが経由しており、それら全ての光パスについて、3 R中継を実施するか否か判断していたのでは、処理負荷が膨大になってしまう場合に、自光ノード装置が発ノードとなっている光パスについてだけ、着ノードまでの光パスが経由する他光ノード装置の中で3 R中継を実施する他光ノード装置を特定することにすれば、処理負荷を軽減させることができる。また、この場合には、発ノードに相当する光ノード装置だけが3 R区間情報を保持すればよく、情報記憶リソースを有効利用することができる。

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己が前記発ノードと前記着ノードとの間の光パスが経由する光ノード装置であるときに自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3 R区間情報を保持する手段と、前記保持する手段に保持された前記3 R区間情報に基づき自己が当該光パスに関して3 R中継を実施する光ノード装置か否かを自律的に判断する手段とを備えてもよい。

これによれば、各光ノード装置は、自己を経由する光パスが存在するときのみ、3 R区間情報を保持するので、情報記憶リソースを有効に活用することができる。

また、前記光パスが双方向光パスであるときには、前記判断する手段または前記特定する手段は、下り光パスおよび上り光パスの双方向についてそれぞれ3 R中継を実施する光ノード装置を決定する手段を備えることが望ましい。

これによれば、双方向光パス設定のシグナリングの際に、上り下り双方向の3 R中継を実施する光ノード装置を決定することができ、シグナリング終了直後から光信号を伝送することができるので、光パス設定の高速化を図ることができる。

また、一つの光ノード装置を経由する光パス上の重複部分を含む複数の異なる3 R区間に関して当該光ノード装置がいずれかの3 R区間における3 R発ノードであり、他の3 R区間においては3 R発ノードまたは3 R着ノードに該当しないときには、前記判断する手段または前記特定する手段は、前記一つの光ノード装置から着ノードまでの光パスに関係する3 R区間情報を参照して前記一つの光ノード装置が3 R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3 R実施回数を比較する手段と、この比較する手段の比較結果に基づき前

記一つの光ノード装置が3 R発ノードとして機能した場合の方が前記一つの光ノード装置が3 R発ノードとして機能しない場合よりも3 R実施回数が少ないときには前記一つの光ノード装置が3 R中継を実施する光ノード装置であると決定する手段とを備えることが望ましい。

これによれば、可能な限り少ない3 R中継実施数により光信号を伝送することができるので、必要最小数あるいは必要最小能力の3 R中継器を用いてネットワークリソースの有効利用を図り、経済的な光ネットワークを構成することができる。

また、一つの光ノード装置が3 R着ノードに相当する光ノード装置であり、着ノードではないときには、前記判断する手段または前記特定する手段は、前記一つの光ノード装置を3 R発ノードとし次ホップ先の光ノード装置を3 R着ノードとして前記一つの光ノード装置が3 R中継を実施する光ノード装置であると決定する手段を備えることが望ましい。

これによれば、一つの光ノード装置が3 R着ノードであり、当該一つの光ノード装置が自己から先の3 R区間情報を保持していない場合でも滞ることなく3 R中継伝送を実現できる。

また、一つの光ノード装置が当該一つの光ノード装置を経由する光パス上に3 R発ノードを有する3 R区間のいずれにも属していないときには、前記判断する手段または前記特定する手段は、前記一つの光ノード装置を3 R発ノードとし前記一つの光ノード装置の次ホップ先の光ノード装置を3 R着ノードとして前記一つの光ノード装置が3 R中継を実施する光ノード装置であると決定する手段を備えることが望ましい。

また、一つの光ノード装置が上り光パスにおける3 R発ノードであるが着ノードでなく、前記一つの光ノード装置が当該上り光パス上の3 R着ノードでないときには上り光パス上の前ホップ元の光ノード装置が前記一つの光ノード装置を3 R着ノードとした3 R発ノードであることを当該前ホップ元の光ノード装置に伝達するためのメッセージを送出する手段を備え、前記判断する手段または前記特定する手段は、上り光パスにおいて自己が当該メッセージを受け取ったときには、上り光パスにおいて自己が当該メッセージの送出元の光ノード装置を3 R着ノ

ードとした3 R発ノードであると決定する手段を備えることが望ましい。

これによれば、既存の3 R区間情報のいずれにも該当しない光ノード装置であっても、滞り無く3 R中継を行うことができる。したがって、光ネットワークの全区間に関して3 R区間情報を保持するのではなく、要所の3 R区間情報だけを保持すればよいので、3 R区間情報を効率良く保持することができる。

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己を3 R発ノードとする3 R区間情報を保持する手段と、光パス設定要求に含まれる自己が3 R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該光パス上の3 R発ノードであるときには3 R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己を3 R発ノードとする光パス上の3 R区間の3 R着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3 R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する手段とを備えることもできる。

これによれば、自己に無関係な3 R区間情報までも保持する必要がなく、情報記憶リソースを有効に利用することができる。

さらに、光パス設定要求に含まれる自己が3 R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該光パス上の3 R発ノードでないときには自己を次ホップ先の光ノード装置を3 R着ノードとした3 R発ノードとして3 R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に当該次ホップ先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が3 R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する手段を備えることが望ましい。

これにより、3 R発ノードは、自己に関わる3 R着ノードまでの3 R区間情報しか保持していなくても、当該3 R着ノード以降の3 R中継伝送を滞りなく実現することができる。

なお、この場合には、自己を3 R発ノードとする3 R区間情報を保持しているが、それ以外の3 R区間情報を保持していないので、光パス設定要求に含まれるメッセージによって、自己が3 R発ノードまたは3 R着ノードとして機能する必要があるか否かを判断することになる。

例えば、ある光パスにおける３Ｒ区間の３Ｒ発ノードである光ノード装置に対し、光パス設定要求が到着したときに、当該光パス設定要求によって設定される光パスでは、当該光ノード装置が保持する３Ｒ区間以外の３Ｒ区間が適用される場合もあり得る。しかし、そのことを当該光ノード装置が有する３Ｒ区間情報から判断することは困難である。よって、光パス設定要求に含まれるメッセージによって、光ノード装置は、自己が３Ｒ発ノードまたは３Ｒ着ノードとして機能する必要があるか否かを判断することになる。

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己を３Ｒ発ノードおよび３Ｒ着ノードとする３Ｒ区間情報を保持する手段と、光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける３Ｒ着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該下り光パス上の３Ｒ発ノードであるときには３Ｒ中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己を３Ｒ発ノードとする下り光パス上の３Ｒ区間の３Ｒ着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が３Ｒ着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する手段と、光パス設定要求に含まれる自己が上り光パスにおける３Ｒ発ノードであることを示すメッセージを受けて自己が上り光パスにおいて３Ｒ中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該上り光パス上の３Ｒ着ノードであるときには自己を３Ｒ着ノードとする上り光パス上の３Ｒ発ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が３Ｒ発ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する手段とを備えることもできる。

これによれば、自己に無関係な３Ｒ区間情報までも保持する必要がなく、情報記憶リソースを有効利用しながら、双方向光パスにおける３Ｒ中継を実施する光ノード装置を設定することができる。

さらに、光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける３Ｒ着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該下り光パス上の３Ｒ発ノードでないときには自己を下り光パス上の次ホップ先の光ノード装置を３Ｒ着ノードとした３Ｒ発ノードとして３Ｒ中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に当該次ホップ先の光ノ

ード装置に対して当該光ノード装置が自己の3 R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する手段と、光パス設定要求に含まれる自己が上り光パスにおける3 R発ノードであることを示すメッセージを受けて自己が上り光パスにおいて3 R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該上り光パス上の3 R着ノードでないときには上り光パス上の前ホップ元の光ノード装置が自己を3 R着ノードとした3 R発ノードであることを当該前ホップ元の光ノード装置に伝達するためのメッセージを送出する手段とを備えることが望ましい。

これによれば、自己が3 R区間情報を保持していない光ノード装置においても滞ることなく双方向光パスにおける3 R中継伝送を実現できる。

なお、この場合には、自己を3 R発ノードおよび3 R着ノードとする3 R区間情報を保持しているが、それ以外の3 R区間情報を保持していないので、光パス設定要求に含まれるメッセージによって、自己が3 R発ノードまたは3 R着ノードとして機能する必要があるか否かを判断することになる。

例えば、ある光パスにおける3 R区間の3 R発ノードまたは3 R着ノードである光ノード装置に対し、光パス設定要求が到着したときに、当該光パス設定要求によって設定される光パスでは、当該光ノード装置が保持する3 R区間以外の3 R区間が適用される場合もあり得る。しかし、そのことを当該光ノード装置が有する3 R区間情報から判断することは困難である。よって、光パス設定要求に含まれるメッセージによって、光ノード装置は、自己が3 R発ノードまたは3 R着ノードとして機能する必要があるか否かを判断することになる。

本発明の第二の観点は、光信号を交換接続する複数の光ノード装置と、この複数の光ノード装置間を接続する光伝送路とを備えた光ネットワークを管理する網制御装置である。

ここで、本発明の網制御装置は、前記光ネットワークのトポロジ情報に対応する3 R区間情報を保持する手段と、前記光ノード装置からの要求に応じてこの保持する手段に保持された前記3 R区間情報を当該光ノード装置に提供する手段とを備えている。

また、本発明の光ノード装置は、自己が属する光ネットワークを管理する網制

御装置に対して当該光ネットワークのトポロジ情報に対応する３Ｒ区間情報の提供を要求して取得する手段を備える。

さらに、前記取得する手段は、取得した前記３Ｒ区間情報の中から自己に係わる少なくとも一部の情報を選択して保持する手段を備えることが望ましい。

すなわち、本発明では、全光ノード装置が同一の３Ｒ区間情報を保持するケース、自光ノード装置を経由する光パスが存在する光ノード装置が３Ｒ区間情報を保持するケース、光パスの発ノードが３Ｒ区間情報を保持するケース、３Ｒ発ノードまたは３Ｒ着ノードが自己に関わる３Ｒ区間情報を保持するケースがある。

これらの各ケースに柔軟に対応するためには、各光ノード装置が要求する３Ｒ区間情報を速やかに、各光ノード装置に提供する手段があれば便利である。例えば、網制御装置を設け、この網制御装置が各光ノード装置の要求に応じて必要な３Ｒ区間情報を各光ノード装置に提供する構成とすることにより、各光ノード装置は、自己が必要とする３Ｒ区間情報を速やかに取得することができる。

例えば、全光ノード装置が共通に３Ｒ区間情報を保持する場合には、本発明の光ノード装置は、自己が属する光ネットワークを管理する網制御装置に対して自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する３Ｒ区間情報を要求して取得する手段と、この取得する手段により取得した前記３Ｒ区間情報を保持すると共に他光ノード装置に広告する手段とを備える。

これによれば、網制御装置に３Ｒ区間情報を要求して取得する光ノード装置は、一部の光ノード装置とし、網制御装置から３Ｒ区間情報を取得した一部の光ノード装置が他の光ノード装置に広告することにより全光ノード装置が共通の３Ｒ区間情報を保持することができる。このような方式は、全光ノード装置が個々に網制御装置に３Ｒ区間情報を要求して取得する場合と比較してネットワークリソースの有効利用が図れる場合に適用することが望ましい。

例えば、発ノードと着ノードとの間の経路上の光ノード装置が３Ｒ区間情報を保持する場合には、本発明の光ノード装置は、自己が属する光ネットワークを管理する網制御装置に対して自己が発ノードであるときに自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する３Ｒ区間情報を要求して取得する手段と、この取得する手段により取得した前記３Ｒ区間情報を保持すると共に自己を発ノードと

したときの着ノードまでの光パスに含まれる他光ノード装置に伝達する手段とを備える。

これによれば、網制御装置に発ノードに相当する光ノード装置が3 R区間情報を要求して取得し、取得した3 R区間情報を経路上の他光ノード装置に伝達することができるため、経路上の光ノード装置が個々に網制御装置に対して3 R区間情報を要求して取得する場合と比較して網制御装置および経路上の光ノード装置の処理負荷を軽減させることができる。

あるいは、発ノードと着ノードとの間の経路上の光ノード装置が3 R区間情報を保持する場合には、本発明の光ノード装置は、自己が属する光ネットワークを管理する網制御装置に対して自己が発ノードであるときに自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3 R区間情報を要求して取得する手段と、この取得する手段により取得した前記3 R区間情報を保持すると共に他ノード装置に広告する手段とを備え、前記広告する手段による広告が自己を経由する光パスに関係する広告か否かを判断する手段が設けられ、この判断する手段の判断結果により前記広告が前記自己を経由する光パスに関係しない広告であるときには前記広告を廃棄する手段を備え、前記判断する手段の判断結果により前記広告が前記自己を経由する光パスに関係する広告であるときには前記広告内容を保持する手段を備えることもできる。

これによれば、網制御装置に発ノードに相当する光ノード装置が3 R区間情報を要求して取得し、取得した3 R区間情報を他光ノード装置に広告する。このときに、発ノードに相当する光ノード装置は、広告先を経路上の他光ノード装置に限定する必要はなく、このような限定に要する処理負荷を削減することができる。広告を受け取った光ノード装置は、自己に無関係な広告である場合には、これを廃棄すればよい。

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己が属する3 R区間における自己と3 R着ノードとの間のホップ数Hの情報を保持する手段と、自己が属する3 R区間における3 R発ノードから送出された光信号に対して自己が3 R中継を実施するか否かを自律的に判断する手段とを備え、この判断する手段は、自己が備えた3 Rトランク数をT、空き3 Rトランク数の閾値を $TH\_T$ 、3 R着ノードまでの



ホップ数の閾値を $TH\_H$ としたときに、

$$T > TH\_T \text{ かつ } H < TH\_H$$

ならば3R中継を実施すると判断する。

すなわち、自光ノード装置が3R着ノードではないが、わずかに数ホップ先が3R着ノードであり、自己の3Rトランクの処理能力に余裕がある場合には、自己が3R着ノードに代わって3R中継を実施することにより、3R着ノード（すなわち次3R区間の3R発ノード）に相当する光ノード装置の3R中継負荷を軽減させることができる。

閾値 $TH\_T$ および $TH\_H$ は、自光ノード装置または3R着ノードに相当する光ノード装置の3R中継能力に応じて適宜設定する。例えば、次3R区間の3R発ノードの3Rトランク数が自光ノード装置の3Rトランク数と比較して少なければ少ないほど、自光ノード装置が次3R区間の3R発ノードの3R中継を援助する必要性が大きくなるので、 $TH\_T$ は小さく設定し、少しでも自光ノード装置の3Rトランクに空きが生じれば自光ノード装置が3R中継を実施して次3R区間の3R発ノードの3R中継を援助することが望ましい。しかし、次3R区間の3R発ノードまでのホップ数が大きい場合には、自光ノード装置の3Rトランク数に余裕があったとしても、自光ノード装置が次3R区間の3R発ノードに代わって3R中継を実施してしまつては、着ノードまでの3R実施回数が増加する可能性が生じる。そこで、 $TH\_H$ は、小さい方が望ましい。

このように、 $TH\_T$ および $TH\_H$ は、3R区間全体のホップ数および3R着ノード、すなわち次3R区間の3R発ノードの3Rトランク数を考慮して適宜設定する。

本発明の第三の観点は、本発明の光ノード装置または本発明の網制御装置を備えた光ネットワークである。

本発明の第四の観点は、3R中継実施ノードの決定方法であつて、一つの光ノード装置を経由する光パス上の重複部分を含む複数の異なる3R区間に関して当該一つの光ノード装置がいずれかの3R区間における3R発ノードであり、他の3R区間においては3R発ノードまたは3R着ノードに該当しないときには、前記一つの光ノード装置から着ノードまでの光パスに係する3R区間情報を参照

して前記一つの光ノード装置が3 R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3 R実施回数を比較し、この比較結果に基づき前記一つの光ノード装置が3 R発ノードとして機能した場合の方が前記一つの光ノード装置が3 R発ノードとして機能しない場合よりも3 R実施回数が少ないときには前記一つの光ノード装置が3 R中継を実施する光ノード装置であると決定する。

あるいは、本発明の3 R中継実施ノードの決定方法は、一つの光ノード装置が3 R着ノードに相当する光ノード装置であり、着ノードではないときには、前記一つの光ノード装置を3 R発ノードとし次ホップ先の光ノード装置を3 R着ノードとして前記一つの光ノード装置が3 R中継を実施する光ノード装置であると決定する。

あるいは、本発明の3 R中継実施ノードの決定方法は、一つの光ノード装置が当該一つの光ノード装置を経由する光パス上に3 R発ノードを有する3 R区間のいずれにも属していないときには、前記一つの光ノード装置を3 R発ノードとし前記一つの光ノード装置の次ホップ先の光ノード装置を3 R着ノードとして前記一つの光ノード装置が3 R中継を実施する光ノード装置であると決定する。

あるいは、本発明の3 R中継実施ノードの決定方法は、一つの光ノード装置が上り光パスにおける3 R発ノードであるが着ノードでなく、前記一つの光ノード装置が当該上り光パス上の3 R着ノードでないときには上り光パス上の前ホップ元の光ノード装置が前記一つの光ノード装置を3 R着ノードとした3 R発ノードであることを当該前ホップ元の光ノード装置に伝達するためのメッセージを送出し、上り光パスにおいて当該メッセージを受け取った光ノード装置は、上り光パスにおいて自己が当該メッセージの送出元の光ノード装置を3 R着ノードとした3 R発ノードであると決定する。

あるいは、本発明の3 R中継実施ノードの決定方法は、3 R発ノードに相当する光ノード装置は自己に関わる3 R区間情報を保持し、光パス設定要求に含まれる3 R着ノードであることを示すメッセージを受けて当該光ノード装置が着ノードでないときには前記3 R区間情報を参照し自己が当該光パス上の3 R発ノードであるときには3 R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己を3 R発ノードとする光パス上の3 R区間の3 R着ノードに相当する光ノード装置

に対して当該光ノード装置が3 R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する。

さらに、光パス設定要求に含まれる自己が3 R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記3 R区間情報を参照し自己が当該光パス上の3 R発ノードでないときには自己を次ホップ先の光ノード装置を3 R着ノードとした3 R発ノードとして3 R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に当該次ホップ先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が3 R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出することが望ましい。

あるいは、本発明の3 R中継実施ノードの決定方法は、自己を3 R発ノードおよび3 R着ノードとする3 R区間情報を保持し、光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける3 R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記3 R区間情報を参照し自己が当該下り光パス上の3 R発ノードであるときには3 R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己を3 R発ノードとする下り光パス上の3 R区間の3 R着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3 R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出し、光パス設定要求に含まれる自己が上り光パスにおける3 R発ノードであることを示すメッセージを受けて自己が上り光パスにおいて3 R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには前記3 R区間情報を参照し自己が当該上り光パス上の3 R着ノードであるときには自己を3 R着ノードとする上り光パス上の3 R発ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3 R発ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する。

さらに、光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける3 R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記3 R区間情報を参照し自己が当該下り光パス上の3 R発ノードでないときには自己を下り光パス上の次ホップ先の光ノード装置を3 R着ノードとした3 R発ノードとして3 R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に当該次ホップ先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が自己の3 R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出し、光パス設定要求に含まれる自己が上り光パスにおけ

る3R発ノードであることを示すメッセージを受けて自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには前記3R区間情報を参照し自己が当該上り光パス上の3R着ノードでないときには上り光パス上の前ホップ元の光ノード装置が自己を3R着ノードとした3R発ノードであることを当該前ホップ元の光ノード装置に伝達するためのメッセージを送出することが望ましい。

あるいは、本発明の3R中継実施ノードの決定方法は、一つの光ノード装置が属する3R区間における自己と3R着ノードとの間のホップ数をH、当該一つの光ノード装置が備えた3Rトランク数をT、空き3Rトランク数の閾値を $TH\_T$ 、3R着ノードまでのホップ数の閾値を $TH\_H$ としたときに、

$$T > TH\_T \text{ かつ } H < TH\_H$$

ならば前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定する。

本発明の第五の観点は、光信号を交換接続する光ノード装置であって、光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が使用される毎に一つ削除され、前記交換接続する手段は、波長変換手段または3R中継手段を含み、自己が属する3R区間における自己と3R着ノードとの間のホップ数Hの情報を保持する手段と、自己が属する3R区間における3R発ノードから送出された光信号に対して自己が3R中継を実施するか否かを自律的に判断する手段とを備え、この判断する手段は、前記波長変換手段または前記3R中継手段が備えたトランク数をT、空きトランク数の閾値を $TH\_T$ 、3R着ノードまでのホップ数の閾値を $TH\_H$ 、残存するラベル数をL、残存するラベル数の閾値を $TH\_L$ としたときに、

$$T > TH\_T \text{ かつ } (H < TH\_H \text{ かつ } L < TH\_L)$$

あるいは、

$$T > TH\_T \text{ かつ } (H < TH\_H \text{ または } L < TH\_L)$$

ならば3R中継を実施すると判断する。

なお、自己が着ノードを3R着ノードとする3R区間に属しているときには、

前記判断する手段の判断結果によらず自己が3 R中継を実施しないと判断する手段を備えることが望ましい。

また、本発明の光ノード装置は、光パスが双方向の場合には発ノードから着ノードに向かう光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が設定される毎に一つ削除され、前記交換接続する手段は、波長変換手段または3 R中継手段を含み、上り光パスにおける自己が属する3 R区間における自己と3 R着ノードとの間のホップ数Hの情報を保持する手段と、上り光パスにおける自己が属する3 R区間における3 R発ノードから送出された光信号に対して自己が3 R中継を実施するか否かを自律的に判断する手段とを備え、この判断する手段は、前記波長変換手段または前記3 R中継手段が備えたトランク数をT、空きトランク数の閾値を $TH\_T$ 、3 R着ノードまでのホップ数の閾値を $TH\_H$ 、残存するラベル数をL、残存するラベル数の閾値を $TH\_L$ としたときに、

$$T > TH\_T \text{ かつ } (H < TH\_H \text{ かつ } L > TH\_L)$$

または

$$T > TH\_T \text{ かつ } (H < TH\_H \text{ または } L > TH\_L)$$

ならば3 R中継を実施すると判断する。

自己が発ノードを3 R着ノードとする3 R区間に属しているときには、前記判断する手段の判断結果によらず自己が3 R中継を実施しないと判断する手段を備えることが望ましい。

本発明の第六の観点は、本発明の光ノード装置により構成された光ネットワークである。

本発明の第七の観点は、光信号を交換接続する光ノード装置における3 R中継実施ノードの決定方法であって、光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が使用される毎に一つ削除され、前記光ノード装置が属する3 R区間における前記光ノード装置と3 R着ノードとの間のホップ数Hの

情報を保持し、前記光ノード装置が属する3R区間における3R発ノードから送出された光信号に対して前記光ノード装置が3R中継を実施するか否かを自律的に判断する際に、前記波長変換または前記3R中継を行う機能を有するトランク数をT、空きトランク数の閾値をTH\_T、3R着ノードまでのホップ数の閾値をTH\_H、残存するラベル数をL、残存するラベル数の閾値をTH\_Lとしたときに、

$T > TH\_T$ かつ  $(H < TH\_H$ かつ  $L < TH\_L)$

あるいは、

$T > TH\_T$ かつ  $(H < TH\_H$ または  $L < TH\_L)$

ならば3R中継を実施すると判断する。

なお、自己が着ノードを3R着ノードとする3R区間に属しているときには、前記判断結果によらず自己が3R中継を実施しないと判断することが望ましい。

また、本発明の3R中継実施ノードの決定方法は、光パスが双方向光パスの場合には、発ノードから着ノードに向かう光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が設定される毎に一つ削除され、上り光パスにおける自己が属する3R区間における自己と3R着ノードとの間のホップ数Hの情報を保持し、上り光パスにおける自己が属する3R区間における3R発ノードから送出された光信号に対して自己が3R中継を実施するか否かを自律的に判断する際に、波長変換または3R中継を行う機能を備えたトランク数をT、空きトランク数の閾値をTH\_T、3R着ノードまでのホップ数の閾値をTH\_H、残存するラベル数をL、残存するラベル数の閾値をTH\_Lとしたときに、

$T > TH\_T$ かつ  $(H < TH\_H$ かつ  $L > TH\_L)$

または

$T > TH\_T$ かつ  $(H < TH\_H$ または  $L > TH\_L)$

ならば3R中継を実施すると判断する。

自己が発ノードを3R着ノードとする3R区間に属しているときには、前記判

断結果によらず自己が3 R中継を実施しないと判断することが望ましい。

すなわち、自光ノード装置が3 R着ノードではないが、わずかな数ホップ先が3 R着ノードであり、自己の3 Rトランクの処理能力に余裕がある場合には、自己が3 R着ノードに代わって3 R中継を実施することにより、3 R着ノード（すなわち次3 R区間の3 R発ノード）に相当する光ノード装置の3 R中継負荷を軽減させることができる。

また、3 R中継には、3 R中継に特化された3 R中継器を用いるだけでなく、光信号を一旦電気信号に変換して再び光信号に変換する波長変換器を3 R中継に利用することもできる。この場合には、光パス設定要求に、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含んでおり、また、このラベルは、一つの波長が使用される毎に一つ削除されることから、残存するラベル数を調べることで、着ノードまでの距離を推測することができる。このため、本発明では、残存するラベル数も利用する。

すなわち、3 R着ノードの手前にある光ノード装置が3 R着ノードが行うべき3 R中継を肩代わりするのであるから、本来の3 R区間が短縮されることもある。したがって、このような肩代わりを無秩序に行うと、発ノードから着ノードまでの間に行われる3 R中継実施回数を増加させる場合もあって望ましくない。そこで、本発明では、3 R中継能力、3 R着ノードまでのホップ数、残存するラベル数に着目し、これらに閾値を設けて秩序を与え、前記肩代わりを行うことによる発ノードから着ノードまでの間の3 R中継実施回数の増加を抑えることにした。

このときに用いる判断ポリシーの一つは、

$$T > TH\_T \text{ かつ } (H < TH\_H \text{ かつ } L < TH\_L)$$

である。すなわち、3 R中継能力に十分な余裕がある光ノード装置において、3 R着ノードまでのホップ数と、着ノードまでの距離との双方に着目し、いずれも閾値未満のときに、前記肩代わりを実施する。

他の一つは、

$$T > TH\_T \text{ かつ } (H < TH\_H \text{ または } L < TH\_L)$$

である。すなわち、前者と同様に、3 R中継能力に十分な余裕がある光ノード装

置において、3 R着ノードまでのホップ数と、着ノードまでの距離との双方に着目するが、着ノードまでの距離が遠くても、3 R着ノードまでのホップ数が小さければ、前記肩代わりを実施する。

両者を比較すると、前者は、3 R着ノードおよび着ノードの双方共に近い位置からしか前記肩代わりを実施しない。したがって、着ノードが近付いた時点から前記肩代わりを実施する。後者は、3 R着ノードまでのホップ数が閾値未満であれば、着ノードまでの距離が遠くても前記肩代わりを実施する。したがって、後者は、前者よりも多数の光ノード装置が前記肩代わりを実施する対象となり得る。

前者は、着ノードが近付いた時点から前記肩代わりを実施するので、発ノードから着ノードまでの間の3 R実施回数が増加する可能性は後者と比べて低い利点がある。また、後者は、前記肩代わりを実施する光ノード装置を光パス上の随所で設定できるので、効率良く前記肩代わりを実施できる利点がある。それぞれ異なる利点を有するので、光ネットワークの状況に応じて前者または後者を適宜選択することが望ましい。

また、自己が着ノードを3 R着ノードとする3 R区間に属しているときには、自己が3 R中継を実施しないと判断することが望ましい。すなわち、着ノードに相当する光ノード装置は、3 R中継を実施する必要のない光ノード装置である。故に、そのような3 R中継を実施する必要のない光ノード装置に対して前記肩代わりを配慮する必要はない。

さらに、光パスが双方向光パスの場合に、上り光パスでは、発ノード寄りが3 R着ノードとなり、着ノード寄りが3 R発ノードとなり、3 R中継を実施する光ノード装置が設定される。よって、残存するラベル数と閾値との間の不等号の向きは下り光パスの場合と比較すると逆向きになる。実際の双方向光パス設定の際には、下りおよび上り光パスの両方について同時に3 R中継を実施する光ノード装置が設定される。

この場合には、自己が発ノードを3 R着ノードとする3 R区間に属しているときには、自己が3 R中継を実施しないと判断することが望ましい。すなわち、発ノードに相当する光ノード装置は、上り光パスにおいては3 R中継を実施する必



要のない光ノード装置である。故に、そのような3R中継を実施する必要のない光ノード装置に対して前記肩代わりを配慮する必要はない。

本発明の第八の観点は、光信号を交換接続する光ノード装置であって、自己に到着する光信号の劣化状態を検出する手段と、この検出する手段の検出結果が信号劣化を検出したときには3R中継要求を自己の一つ前のホップに相当する隣接光ノード装置に送出する手段と、自己が次ホップの隣接光ノード装置の前記送出する手段からの前記3R中継要求を受け取ったときには自己に到着する光信号に対して3R中継を実施する手段とを備えている。

これによれば、実際に自光ノード装置に到着する光信号の劣化状態を検出することにより、3R中継の必要性を認識し、前ホップに相当する隣接光ノード装置に3R中継の実施を要求し、この要求を受けた光ノード装置は、3R中継を行う光ノード装置としての機能を発動する。これにより、個々の光ノード装置が、光パスの設定過程または光信号の交換接続の過程で実測を行いつつ、適切な3R区間を設定することができる。

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己に到着する光信号の劣化状態を検出する手段と、この検出する手段の検出結果が信号劣化を検出したときには自己に到着する光信号に対して3R中継を実施する手段とを備えている。

これによれば、実際に自光ノード装置に到着する光信号の劣化状態を検出することにより、3R中継の必要性を認識し、3R中継を行う光ノード装置としての機能を発動する。これにより、個々の光ノード装置が、光パスの設定過程または光信号の交換接続の過程で実測を行いつつ、適切な3R区間を設定することができる。

あるいは、本発明の光ノード装置は、光信号を交換接続し、自己から着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次光パスを設定する光ノード装置であって、前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に光パスが設定される毎に試験用光信号を送出する手段と、この送出する手段により前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光信号が送出され

る毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の他光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を受け取る手段と、この受け取る手段により受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の他光ノード装置の一つ前ホップに相当する他光ノード装置に対して3 R中継実施を要求する手段とを備え、当該3 R中継実施を要求された前記他光ノード装置は、前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に光パスが設定される毎に試験用光信号を送出する手段と、この送出手段により前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光信号が送出される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の他光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を受け取る手段と、この受け取る手段により受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の他光ノード装置の一つ前ホップに相当する他光ノード装置に対して3 R中継実施を要求する手段とを備えている。

これによれば、実際に光パスの設定を行いながら、3 R中継を行う光ノード装置を決めることができるため、あらかじめ3 R区間情報を生成する必要がなく、3 R区間情報の生成に要する処理負荷を省くことができる。

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値Qを保持する手段と、自己が発ノードである場合には、次ホップの隣接光ノード装置に対して被減算値の初期値Pを伝達する手段と、自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値Pあるいは既に当該初期値Pから減算が行われた被減算値P'を受け取った場合には、 $(P - Q)$ あるいは $(P' - Q)$ を演算する手段と、この演算する手段の演算結果と閾値とを比較して閾値よりも大きい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以下の場合には自己に到着する光信号に対して3R中継を実施する手段と、自己が当該被減算値が伝達された光パスの着ノードではないときには、自己を3R発ノードとして被減算値の初期値Pを次ホップの隣接光ノード装置に伝達する手段とを備えている。

これによれば、各光ノード装置の保持する情報量は、自己に係わるQの値と、自己が発ノードである場合に隣接光ノード装置に伝達する初期値Pだけであり、きわめて少ない情報量で、光パス設定に伴い、自己が3 R中継を必要とするか否かを自律的に判断することができるので、3 R区間情報生成または収集などに要する処理負荷を省くことができる。さらに、光パス設定に際し、光信号の劣化状態の測定も必要なく、光パス設定の高速化を図ることができる。

ここまでの本発明の光ノード装置の説明は、単方向光パスあるいは双方向光パスにおける下り光パスを想定している。続いて、双方向光パスにおける上り光パスを想定した説明を行う。

本発明の光ノード装置は、自己に到着する上り光パスの光信号の劣化状態を検出する手段と、この検出する手段の検出結果が信号劣化を検出したときには自己の次ホップに相当する隣接光ノード装置に3 R中継実施要求を送出する手段と、自己が前ホップの隣接光ノード装置からの3 R中継実施要求を受け取ったときには上り光パスから到着する光信号に対して3 R中継を実施する手段とを備えている。

これによれば、実際に自光ノード装置に到着する光信号の劣化状態を検出することにより、3 R中継の必要性を認識し、前ホップに相当する隣接光ノード装置に3 R中継の実施を要求し、この要求を受けた光ノード装置は、3 R中継を行う光ノード装置としての機能を発動する。これにより、個々の光ノード装置が、光パスの設定過程または光信号の交換接続の過程で実測を行いつつ、適切な3 R区間を設定することができる。

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己に到着する上り光パスの光信号の劣化状態を検出する手段と、この検出する手段の検出結果が信号劣化を検出したときには自己に到着する上り光パスの光信号に対して3 R中継を実施する手段とを備えている。

これによれば、実際に自光ノード装置に到着する光信号の劣化状態を検出することにより、3 R中継の必要性を認識し、3 R中継を行う光ノード装置としての機能を発動する。これにより、個々の光ノード装置が、光パスの設定過程または光信号の交換接続の過程で実測を行いつつ、適切な3 R区間を設定することがで

きる。

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己が発ノードであるときに着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次光パスを設定する手段を備え、自己が発ノードでないときに自己に光パスが設定されると上り光パスに試験用光信号を送出する手段を備え、自己が発ノードであるときに前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する手段を備え、前記試験用光信号の送出元の光ノード装置は、この通知に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには上り光パスから到着する光信号に対して3R中継を実施する手段を備え、自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であるときに自己から着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次光パスを設定し、前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する手段を備えている。

これによれば、実際に光パスの設定を行いながら、3R中継を行う光ノード装置を決めることができるため、あらかじめ3R区間情報を生成する必要がなく、3R区間情報の生成に要する処理負荷を省くことができる。なお、前述した下り光パス設定の際の手順と同時に当該上り光パス設定の際の手順を実行することが望ましい。

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値 $q$ を保持する手段と、自己が発ノードである場合には、次ホップの隣接光ノード装置に対して被加算値の初期値 $p$ を伝達する手段と、自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値 $p$ あるいは既に当該初期値 $p$ に加算が行われた被減算値 $p'$ を受け取った場合には、 $(p + q)$ あるいは $(p' + q)$ を演算する手段と、この演算する手段の演算結果と閾値とを比較して閾値よりも小さい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以上の場合には自己に上り光パスから到着する光信号に対して3R中継を実施する手段と、自己が当該被加算値が伝達された光パスの着ノードではないときには、自己を上り光パスにおける3R着ノード

ドとして被加算値の初期値  $p$  を次ホップの隣接光ノード装置に伝達する手段とを備えている。

これによれば、各光ノード装置の保持する情報量は、自己に係わる  $q$  の値と、自己が発ノードである場合に隣接光ノード装置に伝達する初期値  $p$  だけであり、きわめて少ない情報量で、光パス設定に伴い、自己が 3 R 中継を必要とするか否かを自律的に判断することができるので、3 R 区間情報生成または収集などに要する処理負荷を省くことができる。さらに、光パス設定に際し、光信号の劣化状態の測定も必要なく、光パス設定の高速化を図ることができる。

本発明の第九の観点は、本発明の光ノード装置により構成された光ネットワークである。

本発明の第十の観点は、発ノードから着ノードまでの経路に含まれる光ノード装置に対して発ノードとなる光ノード装置の次ホップの隣接光ノード装置から順番に 1 ホップずつ順次光パスを設定する光パス設定方法である。

ここで、本発明の光パス設定方法は、前記着ノードまでの経路に含まれる光ノード装置に対して前記発ノードとなる光ノード装置の次ホップの隣接光ノード装置から 1 ホップずつ順番に光パスが設定される毎に前記発ノードとなる光ノード装置から試験用光信号を送出する第一のステップと、この第一のステップにより前記着ノードまでの経路に含まれる光ノード装置に対して前記発ノードとなる光ノード装置の次ホップの隣接光ノード装置から 1 ホップずつ順番に試験用光信号が送出される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を前記発ノードとなる光ノード装置が受け取る第二のステップと、この第二のステップにより受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の光ノード装置の一つ前ホップに相当する光ノード装置に対して前記発ノードとなる光ノード装置が 3 R 中継実施を要求する第三のステップとを実行し、当該 3 R 中継実施を要求された前記光ノード装置は、前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から 1 ホップずつ順番に光パスが設定される毎に試験用光信号を送出する第四のステップと、この第四のステップにより前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの

隣接光ノード装置から 1 ホップずつ順番に試験用光信号が送出される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の他光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を受け取る第五のステップと、この第五のステップにより受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の他光ノード装置の一つ前ホップに相当する他光ノード装置に対して 3 R 中継実施を要求する第六のステップとを実行する。

あるいは、本発明の第十一の観点は、光信号を交換接続する光ノード装置における 3 R 中継実施ノードの設定方法であって、各光ノード装置は、自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値  $Q$  を保持し、発ノードである光ノード装置は、次ホップの隣接光ノード装置に対して被減算値の初期値  $P$  を伝達し、各光ノード装置は、自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値  $P$  あるいは既に当該初期値  $P$  から減算が行われた被減算値  $P'$  を受け取った場合には、 $(P - Q)$  あるいは  $(P' - Q)$  を演算し、この演算結果と閾値とを比較して閾値よりも大きい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以下の場合には自己に到着する光信号に対して 3 R 中継を実施し、自己が当該被減算値が伝達された光パスの着ノードではないときには、自己を 3 R 発ノードとして被減算値の初期値  $P$  を次ホップの隣接光ノード装置に伝達する。

ここまでの本発明の光パス設定方法または 3 R 中継実施ノードの設定方法の説明は、単方向光パスあるいは双方向光パスにおける下り光パスを想定している。続いて、双方向光パスにおける上り光パスを想定した説明を行う。

本発明の光パス設定方法は、自己が発ノードである光ノード装置が着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に 1 ホップずつ順次光パスを設定する第七のステップと、発ノードでない光ノード装置が自己に光パスが設定されると上り光パスに試験用光信号を送出する第八のステップと、自己が発ノードである光ノード装置が前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する第九のステップと、前記試験用光信号の送出元の光ノード装置がこの通知に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには自己が

上り光パスから到着する光信号に対して3R中継を実施する第十のステップと、自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置が自己から着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次光パスを設定し、前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する第十一のステップとを実行する。

あるいは、本発明の第十二の観点は、光信号を交換接続する光ノード装置における3R中継実施ノードの設定方法であって、各光ノード装置は、自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値 $q$ を保持し、発ノードである光ノード装置は、次ホップの隣接光ノード装置に対して被加算値の初期値 $p$ を伝達し、各光ノード装置は、自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値 $p$ あるいは既に当該初期値 $p$ に加算が行われた被加算値 $p'$ を受け取った場合には、 $(p + q)$ あるいは $(p' + q)$ を演算し、この演算結果と閾値とを比較して閾値よりも小さい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以上の場合には自己に上り光パスから到着する光信号に対して3R中継を実施し、自己が当該被加算値が伝達された光パスの着ノードではないときには、自己を上り光パスにおける3R着ノードとして被加算値の初期値 $p$ を次ホップの隣接光ノード装置に伝達する。

特に、以上の発明では、光パス設定の際あるいは光信号の交換接続の際に、逐次的に各光ノード装置が3R中継実施の必要性を自律的に判断し、3R中継を行うことができ、簡単に、光ネットワークを構成することができる。

本発明の第十三の観点は、光信号を交換接続する複数の光ノード装置と、この複数の光ノード装置間を接続する光伝送路とを備えた光ネットワークを管理する網制御装置であって、前記光ネットワークのトポロジ情報を保持するトポロジ情報保持手段と、入力されたホップ数情報に基づき指定された光ノード装置を3R発ノードとする3R区間の推定情報を前記トポロジ情報上に作成する手段と、この作成する手段により作成された前記トポロジ情報上の3R区間の推定情報の一部または全部を入力された指示に基づき変更する手段と、この変更する手段により変更された前記トポロジ情報上の3R区間の情報を前記光ノード装置に通知す

る手段とを備えている。

これによれば、3 R区間の推定ホップ数を入力することにより、大まかな3 R区間の推定情報の生成を速やかに行うことができる。このようにして生成された大まかな3 R区間の推定情報であるが、その中でも実際の利用率の高いリンクについては、実測を行うなどの追加処理を行い、3 R区間情報の信頼性を高めることもできる。これにより、全て実測により3 R区間情報を生成する場合と比較して速やかに3 R区間情報を生成することができる。

また、本発明の第十四の観点は、光信号を交換接続する複数の光ノード装置と、この複数の光ノード装置間を接続する光伝送路とを備えた光ネットワークを管理し、入力されたホップ数情報に基づき指定された光ノード装置を3 R発ノードとする3 R区間の推定情報をトポロジ情報上に作成する網制御装置に、前記ホップ数情報を与える保守者装置であって、前記ホップ数情報は、3 R区間のホップ数推定値であり、このホップ数推定値を生成する手段と、前記光ネットワークのトポロジ情報を当該光ネットワークで使用される光ファイバ種類および波長帯の情報と共に保持する手段と、光ファイバ種類および波長帯と単位区間当りの光信号の劣化度合いとの関係を記録したテーブルとを備え、前記生成する手段は、前記トポロジ情報上における光ファイバ種類および波長帯の情報と前記テーブルに記録された光ファイバ種類および波長帯と単位区間当りの光信号の劣化度合いとを参照して前記ホップ数推定値を生成する。

これによれば、3 R区間の推定ホップ数を精度良く求めることができる。すなわち、ルートは、経路上の光ファイバ、波長などの組合せにより大変多くの物理リンクが存在する。その違いによって3 R中継なしにデータ伝送できる距離が変わってくる。例えば、ノーマルファイバと分散シフトファイバなどのファイバ特性の違いにより、伝達可能な距離が異なる。そこで、3 R区間の推定ホップ数を求める場合に、これらの光ファイバ種類および波長帯の情報を参照して求めることにより、誤差の少ない推定値を求めることができる。

あるいは、本発明の網制御装置は、前記光ネットワークのトポロジ情報を保持するトポロジ情報保持手段と、入力されたホップ数情報に基づき指定された光ノード装置を3 R発ノードとする3 R区間の推定情報を前記トポロジ情報上に作成



する手段と、この作成する手段により作成された前記トポロジ情報上の3 R区間の推定情報に対応する前記光ネットワーク上の区間に試験用光パスを設定するように前記光ノード装置に指示する手段と、この指示する手段により前記光ノード装置が設定した前記試験用光パスによる光信号劣化度合いの実測結果を収集する手段と、この収集する手段により収集された前記光信号劣化度合いの実測結果に基づき前記作成する手段により作成された前記トポロジ情報上の3 R区間の推定情報の一部または全部を変更する手段と、この変更する手段により変更された前記トポロジ情報上の3 R区間の情報を前記光ノード装置に通知する手段とを備えている。

これによれば、3 R区間の推定ホップ数を入力することにより、実測すべき3 R区間の推定情報の生成を速やかに行うことができる。このようにして生成された3 R区間の推定情報について光ノード装置に指示を行い実測を行うことにより、3 R区間情報を生成することができる。このように、実測に先立って、実測すべき3 R区間の推定情報を生成するので、不必要あるいは重複した実測を回避できるため、効率のよい3 R区間情報生成を行うことができる。

また、本発明は、光信号を交換接続する複数の光ノード装置と、この複数の光ノード装置間を接続する光伝送路とを備えた光ネットワークを管理し、入力されたホップ数情報に基づき指定された光ノード装置を3 R発ノードとする3 R区間の推定情報をトポロジ情報上に作成し、この作成された前記トポロジ情報上の3 R区間の推定情報に対応する前記光ネットワーク上の区間に試験用光パスを設定するように前記光ノード装置に指示し、この指示により前記光ノード装置が設定した前記試験用光パスによる光信号劣化度合いの実測結果を収集し、この収集された前記光信号劣化度合いの実測結果に基づき前記作成された前記トポロジ情報上の3 R区間の推定情報の一部または全部を変更し、この変更された前記トポロジ情報上の3 R区間の情報を前記光ノード装置に通知する網制御装置に、前記試験用光パスによる光信号劣化度合いの実測結果を通知する光ノード装置である。

ここで、本発明の光ノード装置は、前記網制御装置により指示された試験用光パスを設定する手段と、この設定する手段により設定された前記試験用光パスの光信号劣化度合いを実測する手段と、この実測する手段の実測結果を前記網制御

装置に通知する手段とを備えている。これにより、網制御装置による３Ｒ区間情報の自動収集を実現することができる。

あるいは、本発明の網制御装置は、前記光ネットワークのトポロジ情報を保持するトポロジ情報保持手段と、前記光ネットワークに設定された３Ｒ区間を当該トポロジ情報に対応して保持する３Ｒ区間情報保持手段と、前記光ネットワーク内のトラヒック需要情報を収集する手段と、この収集する手段により収集された前記トラヒック需要情報に基づきトラヒック需要が増加した区間の内で前記３Ｒ区間情報保持手段の情報を参照して未だ３Ｒ区間情報が生成されていない区間を保守者に通知する手段とを備えている。

あるいは、本発明の網制御装置は、前記光ネットワークのトポロジ情報を保持するトポロジ情報保持手段と、前記光ネットワークに設定された３Ｒ区間を当該トポロジ情報に対応して保持する３Ｒ区間情報保持手段と、前記光ネットワーク内のトラヒック需要情報を収集する手段と、この収集する手段により収集された前記トラヒック需要情報に基づきトラヒック需要が増加した区間の内で前記３Ｒ区間情報保持手段を参照して未だ３Ｒ区間情報が生成されていない区間の３Ｒ区間情報を新たに生成する手段とを備えている。

これによれば、最初に収集した３Ｒ区間情報に新たな３Ｒ区間情報を自動的に追加することができる。特に、最初に３Ｒ区間情報を収集した時点からトラヒック需要が増加した区間についての３Ｒ区間情報を収集することができる。これにより、有用な３Ｒ区間情報を効率良く収集することができる。

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己に到着する光信号の劣化状態を検出する手段と、この検出する手段の検出結果が信号劣化を検出したときには自己の一つ前のホップに相当する隣接光ノード装置に当該光ノード装置が３Ｒ着ノードであると共に次３Ｒ区間の３Ｒ発ノードであることを通知する手段と、自己が次ホップの隣接光ノード装置の前記通知する手段からの通知を受け取ったときには自己が３Ｒ着ノードであると共に次３Ｒ区間の３Ｒ発ノードであると認識する手段と、自己が保持する３Ｒ区間情報を当該認識結果に基づき更新する手段とを備えている。

これによれば、実際に自光ノード装置に到着する光信号の劣化状態を検出する

ことにより、3 R中継の必要性を認識し、前ホップに相当する隣接光ノード装置に3 R中継の必要性を通知し、この通知を受けた光ノード装置は、自己が3 R着ノードであると共に次3 R区間の3 R発ノードであることを認識する。このように、当該通知に基づき3 R区間情報を生成することができる。これにより、個々の光ノード装置が、光パスの設定過程または光信号の交換接続の過程で実測を行いつつ、適切な3 R区間を設定し、さらに、3 R区間情報の更新を行うことができる。

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己に到着する光信号の劣化状態を検出する手段と、この検出する手段の検出結果が信号劣化を検出したときには自己が3 R着ノードであると共に次3 R区間の3 R発ノードであると認識する手段と、自己が保持する3 R区間情報を当該認識結果に基づき更新する手段とを備えている。

これによれば、実際に自光ノード装置に到着する光信号の劣化状態を検出することにより、3 R中継の必要性を認識し、自己が3 R着ノードであると共に次3 R区間の3 R発ノードであると認識する。このように、当該検出結果に基づき3 R区間情報を生成することができる。これにより、個々の光ノード装置が、光パスの設定過程または光信号の交換接続の過程で実測を行いつつ、適切な3 R区間を設定し、さらに、3 R区間情報の更新を行うことができる。

また、前記更新する手段により更新された3 R区間情報を他光ノード装置に広告する手段と、他光ノード装置からの前記広告を受信して自己が保持する3 R区間情報を更新する手段とを備えることが望ましい。すなわち、自己が3 R着ノードあるいは3 R発ノードであるか否かを自己に到着した光信号の実測によって認識することができるが、この認識結果は、自光ノード装置のみが知り得る認識結果である。そこで、この認識結果を他光ノード装置に広告することにより、前記更新する手段により更新された3 R区間情報を全光ノード装置で同期化して共有し、有効に活用することができる。

あるいは、本発明の光ノード装置は、光信号を交換接続し、自己から着ノードまでの経路上の3 R区間情報を生成する光ノード装置であって、前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1

ホップずつ順番に光パスが設定される毎に試験用光信号を送出する手段と、この送出する手段により前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光信号が送出される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の他光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を受け取る手段と、この受け取る手段により受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の他光ノード装置の一つ前ホップに相当する他光ノード装置に対して当該他光ノード装置が3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードであることを通知する手段とを備え、当該通信を受け取った前記他光ノード装置は、前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に光パスが設定される毎に試験用光信号を送出する手段と、この送出する手段により前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光信号が送出される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の他光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を受け取る手段と、この受け取る手段により受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の他光ノード装置の一つ前ホップに相当する他光ノード装置に対して当該他光ノード装置が3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードであることを通知する手段とを備えている。

これによれば、実際に光パスの設定を行いながら、3 R 区間情報を生成することができるため、あらかじめ3 R 区間情報を生成する必要がなく、3 R 区間情報の生成に要する処理負荷を省くことができる。

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己から３Ｒ区間情報測定対象となる被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に１ホップずつ順次試験用光パスを設定する手段と、この設定する手段により前記被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から１ホップずつ順番に試験用光パスが設定される毎に試験用光信号を送出する手段と、この送出手段により前記被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から１ホップずつ順番に試験用光信号が

送出される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の他光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を受け取る手段と、この受け取る手段により受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の他光ノード装置の一つ前ホップに相当する他光ノード装置を3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードとして認識する手段とを実行する手段を備えている。

これによれば、実際に光パスの設定を行う場合と同様の手順により、3R区間情報を生成することができるため、実測に基づく精度の高い3R区間情報を生成することができる。

この場合には、前記認識する手段による認識結果を保持する手段を備えることが望ましい。これによれば、自光ノード装置が発ノードとなり光パスを設定する際の3R区間情報を保持することができる。

あるいは、前記認識する手段による認識結果を他光ノード装置に広告する手段と、他光ノード装置からの広告を受信して自己の認識結果と共に当該広告に含まれる認識結果を保持する手段とを備えることにより、各光ノード装置が自他が生成した3R区間情報を共有することができる。これによれば、自光ノード装置が発ノードとなる場合に限らず、他光ノード装置が発ノードとなった場合の3R区間情報を保持することができるので、他光ノード装置が発ノードとなった場合に、自光ノード装置が3R中継を行うべきか否かを自己で判断することができる。したがって、発ノードとなる光ノード装置が3R中継を行う光ノード装置に対して3R中継要求を行うといった処理負荷を省くことができる。

あるいは、光ネットワークを管理し、当該光ネットワークにおける3R区間の情報を保持する網制御装置に対し、前記認識する手段による認識結果を通知する手段を備えることもできる。

これによれば、網制御装置が光ネットワーク全体の3R区間情報を保持することができる。したがって、光ノード装置は、必要に応じて網制御装置に対して3R区間情報を要求して取得することができるため、光ノード装置にデータベースなどの大容量の記憶装置を備える必要がなく、また、各光ノード装置は、他の多数の光ノード装置に、自己が生成した3R区間情報の広告を行う必要がなく、単

に網制御装置に対してのみ自己が生成した3R区間情報を通知すればよく、広告に要する処理負荷を省くことができる。

この場合の網制御装置は、前記光ネットワークを構成する光ノード装置からの3R着ノードまたは3R発ノードの情報を受け取り前記保持している3R区間の情報を更新する手段を備えている。

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値 $Q$ を保持する手段と、自己が発ノードである場合には、次ホップの隣接光ノード装置に対して被減算値の初期値 $P$ を伝達する手段と、自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値 $P$ あるいは既に当該初期値 $P$ から減算が行われた被減算値 $P'$ を受け取った場合には、 $(P - Q)$ あるいは $(P' - Q)$ を演算する手段と、この演算する手段の演算結果と閾値とを比較して閾値よりも大きい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以下の場合には自己が当該被減算値の初期値 $P$ を送出した光ノード装置を3R発ノードとした場合の3R着ノードであると認識する手段と、自己が3R着ノードであると認識し、当該被減算値が伝達された光パスの着ノードではないときには、自己を3R発ノードとして被減算値の初期値 $P$ を次ホップの隣接光ノード装置に伝達する手段とを備えている。

これによれば、各光ノード装置の保持する情報量は、自己に係わる $Q$ の値と、自己が発ノードである場合に隣接光ノード装置に伝達する初期値 $P$ だけであり、きわめて少ない情報量で3R区間情報を生成することができる。また、光パス設定に伴い、自己が3R中継を必要とするか否かを自律的に判断することができるので、広告などに要する処理負荷を省くことができる。さらに、光パス設定に際し、光信号の劣化状態の測定も必要なく、光パス設定の高速化を図ることができる。

ここまでの本発明の光ノード装置または網制御装置の説明は、単方向光パスあるいは双方向光パスにおける下り光パスを想定している。続いて、双方向光パスにおける上り光パスを想定した説明を行う。

本発明の光ノード装置は、自己に到着する上り光パスの光信号の劣化状態を検出する手段と、この検出する手段の検出結果が信号劣化を検出したときには自己

の次ホップに相当する隣接光ノード装置に当該光ノード装置が上り光パスにおける3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードであることを通知する手段と、自己が前ホップの隣接光ノード装置の前記通知する手段からの通知を受け取ったときには自己が上り光パスにおける3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードであることを認識する手段と、自己が保持する3R区間情報を当該認識結果に基づき更新する手段とを備えている。

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己に到着する上り光パスの光信号の劣化状態を検出する手段と、この検出する手段の検出結果が信号劣化を検出したときには自己が上り光パスにおける3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードであると認識する手段と、自己が保持する3R区間情報を当該認識結果に基づき更新する手段とを備えている。

これによれば、光パスが双方向である場合に、個々の光ノード装置が、光パスの設定過程または光信号の交換接続の過程で実測を行いつつ、適切な3R区間を設定し、さらに、3R区間情報の更新を行うことができる。

また、前記更新する手段により更新された3R区間情報を他光ノード装置に広告する手段と、他光ノード装置からの前記広告を受信して自己が保持する3R区間情報を更新する手段とを備えることが望ましい。すなわち、自己が3R着ノードあるいは3R発ノードであるか否かを自己に到着した光信号の実測によって認識することができるが、この認識結果は、自光ノード装置のみが知り得る認識結果である。そこで、この認識結果を他光ノード装置に広告することにより、前記更新する手段により更新された3R区間情報を全光ノード装置で同期化して共有し、有効に活用することができる。

あるいは、本発明の光ノード装置は、発ノードから着ノードまでの経路上の3R区間情報を生成する光ノード装置であって、自己が発ノードであるときに着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次光パスを設定する手段を備え、自己が発ノードでないときに自己に光パスが設定されると上り光パスに試験用光信号を送出する手段を備え、自己が発ノードであるときに前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する手段を備え

、前記試験用光信号の送出元の光ノード装置は、この通知に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには自己が上り光パスにおける3 R発ノードであると共に前3 R区間の3 R着ノードであることを認識する手段を備え、自己が上り光パスにおける3 R発ノードであると共に前3 R区間の3 R着ノードであることを認識した光ノード装置であるときに自己から着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次光パスを設定し、前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する手段を備えている。

これによれば、光パスが双方向光パスの場合に、実際に光パスの設定を行いながら、3 R区間情報を生成することができるため、あらかじめ3 R区間情報を生成する必要がなく、3 R区間情報の生成に要する処理負荷を省くことができる。

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己が発ノードであるときに3 R区間情報測定対象となる被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次試験用上り光パスを設定する手段を備え、この試験用上り光パスが設定された光ノード装置は、当該試験用上り光パスに対して試験用光信号を送出する手段を備え、自己が発ノードであるときに前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する手段を備え、前記試験用光信号の送出元の光ノード装置は、この通知に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには自己が上り光パスにおける3 R発ノードであると共に前3 R区間の3 R着ノードであることを認識する手段を備え、自己が上り光パスにおける3 R発ノードであると共に前3 R区間の3 R着ノードであることを認識した光ノード装置であるときに3 R区間情報測定対象となる被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次試験用上り光パスを設定し、前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する手段を備えている。

これによれば、光パスが双方向光パスである場合に、実際に光パスの設定を行う場合と同様の手順により、3 R区間情報を生成することができるため、実測に



基づく精度の高い3 R区間情報を生成することができる。

この場合には、前記認識する手段による認識結果を保持する手段を備えることが望ましい。これによれば、自光ノード装置が発ノードとなり光パスを設定する際の3 R区間情報を保持することができる。

あるいは、前記認識する手段による認識結果を他光ノード装置に広告する手段と、他光ノード装置からの前記広告を受信して自己の認識結果と共に当該広告に含まれる認識結果を保持する手段とを備えることにより、各光ノード装置が自他が生成した3 R区間情報を共有することができる。これによれば、自光ノード装置が発ノードとなる場合に限らず、他光ノード装置が発ノードとなった場合の3 R区間情報を保持することができるので、他光ノード装置が発ノードとなった場合に、自光ノード装置が3 R中継を行うべきか否かを自己で判断することができる。したがって、発ノードとなる光ノード装置が3 R中継を行う光ノード装置に対して3 R中継要求を行うといった処理負荷を省くことができる。

あるいは、光ネットワークを管理し、当該光ネットワークにおける3 R区間の情報を保持する網制御装置に対し、前記認識する手段による認識結果を通知する手段を備えることもできる。

これによれば、網制御装置が光ネットワーク全体の3 R区間情報を保持することができる。したがって、光ノード装置は、必要に応じて網制御装置に対して3 R区間情報を要求して取得することができるため、光ノード装置にデータベースなどの大容量の記憶装置を備える必要がなく、また、各光ノード装置は、他の多数の光ノード装置に、自己が生成した3 R区間情報の広告を行う必要がなく、単に網制御装置に対してのみ自己が生成した3 R区間情報を通知すればよく、広告に要する処理負荷を省くことができる。

この場合の網制御装置は、前記光ネットワークを構成する光ノード装置からの3 R着ノードまたは3 R発ノードの情報を受け取り前記保持している3 R区間の情報を更新する手段を備えている。

あるいは、本発明の光ノード装置は、自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値 $q$ を保持する手段と、自己が発ノードである場合には、次ホップの隣接光ノード装置に対して被加

算値の初期値  $p$  を伝達する手段と、自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値  $p$  あるいは既に当該初期値  $p$  に加算が行われた被加算値  $p'$  を受け取った場合には、 $(p + q)$  あるいは  $(p' + q)$  を演算する手段と、この演算する手段の演算結果と閾値とを比較して閾値よりも小さい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以上の場合には自己が当該被加算値の初期値  $p$  を送出した光ノード装置を上り光パスにおける 3 R 着ノードとした場合の 3 R 発ノードであると認識する手段と、自己が上り光パスにおける 3 R 発ノードであると認識し、当該被加算値が伝達された光パスの着ノードではないときには、自己を上り光パスにおける 3 R 着ノードとして被加算値の初期値  $p$  を次ホップの隣接光ノード装置に伝達する手段とを備えている。

これによれば、各光ノード装置の保持する情報量は、自己に係わる  $q$  の値と、自己が発ノードである場合に隣接光ノード装置に伝達する初期値  $p$  だけであり、きわめて少ない情報量で 3 R 区間情報を生成することができる。また、光パス設定に伴い、自己が 3 R 中継を必要とするか否かを自律的に判断することができるので、広告などに要する処理負荷を省くことができる。さらに、光パス設定に際し、光信号の劣化状態の測定も必要なく、光パス設定の高速化を図ることができる。

本発明の第十五の観点は、本発明の光ノード装置または保守者装置または網制御装置を備えた光ネットワークである。

本発明の第十六の観点は、発ノードから着ノードまでの経路上の 3 R 区間情報の生成方法であって、前記着ノードまでの経路に含まれる光ノード装置に対して前記発ノードとなる光ノード装置の次ホップの隣接光ノード装置から 1 ホップずつ順番に光パスが設定される毎に前記発ノードとなる光ノード装置から試験用光信号を送出する第一のステップと、この第一のステップにより前記着ノードまでの経路に含まれる光ノード装置に対して前記発ノードとなる光ノード装置の次ホップの隣接光ノード装置から 1 ホップずつ順番に試験用光信号が送出される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を前記発ノードとなる光ノード装置が受け取る第二のステップと、この第二のステップにより受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の

劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記発ノードとなる光ノード装置が前記最遠端の光ノード装置の一つ前ホップに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3 R着ノードであると共に次3 R区間の3 R発ノードであることを通知する第三のステップとを実行し、当該通知を受け取った前記光ノード装置は、前記着ノードまでの経路に含まれる光ノード装置に対して自己の次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に光パスが設定される毎に自己から試験用光信号を送出する第四のステップと、この第四のステップにより前記着ノードまでの経路に含まれる光ノード装置に対して自己の次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光信号が送出される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を自己が受け取る第五のステップと、この第五のステップにより受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには自己が前記最遠端の光ノード装置の一つ前ホップに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3 R着ノードであると共に次3 R区間の3 R発ノードであることを通知する第六のステップとを実行する。

あるいは、本発明の3 R区間情報の生成方法は、3 R発ノードとなる光ノード装置から3 R区間情報測定対象となる被測定リンクに含まれる光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次試験用光パスを設定する第七のステップと、この第七のステップにより前記被測定リンクに含まれる光ノード装置に対して前記3 R発ノードとなる光ノード装置の次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光パスが設定される毎に試験用光信号を送出する第八のステップと、この第八のステップにより前記被測定リンクに含まれる光ノード装置に対して前記3 R発ノードとなる光ノード装置の次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光信号が送出される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を前記3 R発ノードとなる光ノード装置が受け取る第九のステップと、この第九のステップにより受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の光ノード装置の一つ前ホップに相当する光ノード装置を3 R着ノードとして前記3 R発ノードとなる光

ノード装置が認識する第十のステップとを実行する。

あるいは、本発明の3R区間情報の生成方法は、各光ノード装置は、自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値Qを保持し、発ノードである光ノード装置は、次ホップの隣接光ノード装置に対して被減算値の初期値Pを伝達し、各光ノード装置は、自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値Pあるいは既に当該初期値Pから減算が行われた被減算値P'を受け取った場合には、 $(P - Q)$ あるいは $(P' - Q)$ を演算し、この演算結果と閾値とを比較して閾値よりも大きい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以下の場合には自己が当該被減算値の初期値Pを送出した光ノード装置を3R発ノードとした場合の3R着ノードであると認識し、自己が3R着ノードであると認識し、当該被減算値が伝達された光パスの着ノードではないときには、自己を3R発ノードとして被減算値の初期値Pを次ホップの隣接光ノード装置に伝達する。

ここまでの本発明の3R区間情報の生成方法の説明は、単方向光パスあるいは双方向光パスにおける下り光パスを想定している。続いて、双方向光パスにおける上り光パスを想定した説明を行う。

本発明の3R区間情報の生成方法は、発ノードである光ノード装置が着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次光パスを設定する第十一のステップと、発ノードでない光ノード装置が自己に光パスが設定されると上り光パスに試験用光信号を送出する第十二のステップと、自己が発ノードである光ノード装置が前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する第十三のステップと、前記試験用光信号の送出元の光ノード装置がこの通知に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには自己が上り光パスにおける3R発ノードであると共に前3R区間の3R着ノードであることを認識する第十四のステップと、自己が上り光パスにおける3R発ノードであると共に前3R区間の3R着ノードであることを認識した光ノード装置が自己から着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次光パスを設定し、前記試験用光信

号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する第十五のステップとを実行する。

あるいは、本発明の3R区間情報の生成方法は、発ノードである光ノード装置が3R区間情報測定対象となる被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次試験用上り光パスを設定する第十六のステップと、この試験用上り光パスが設定された光ノード装置が当該試験用上り光パスに対して試験用光信号を送出する第十七のステップと、発ノードである光ノード装置が前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する第十八のステップと、前記試験用光信号の送出元の光ノード装置がこの通知に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには自己が上り光パスにおける3R発ノードであると共に前3R区間の3R着ノードであることを認識する第十九のステップと、自己が上り光パスにおける3R発ノードであると共に前3R区間の3R着ノードであることを認識した光ノード装置が3R区間情報測定対象となる被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次試験用上り光パスを設定し、前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する第二十のステップとを実行する。

あるいは、本発明の3R区間情報の生成方法は、各光ノード装置は、自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値 $q$ を保持し、発ノードである光ノード装置は、次ホップの隣接光ノード装置に対して被加算値の初期値 $p$ を伝達し、各光ノード装置は、自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値 $p$ あるいは既に当該初期値 $p$ に加算が行われた被加算値 $p'$ を受け取った場合には、 $(p + q)$ あるいは $(p' + q)$ を演算し、この演算結果と閾値とを比較して閾値よりも小さい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以上の場合には自己が当該被加算値の初期値 $p$ を送出した光ノード装置を上り光パスにおける3R着ノードとした場合の3R発ノードであると認識し、自己が上り光パスにおける3R発ノードであると認識し、当該被加算値が伝達された光パスの着ノードではないときには

、自己を上り光パスにおける3R着ノードとして被加算値の初期値 $p$ を次ホップの隣接光ノード装置に伝達する。

以上説明したように、本発明によれば、必要最小数あるいは必要最小能力の3R中継器を用いてネットワークリソースの有効利用を図り、経済的な光ネットワークを構成することができる。

#### 図面の簡単な説明

図1は3R発ノード、3R着ノード、3R区間の表記を説明するための図である。

図2は3R区間の性質を説明するための図である。

図3は光ネットワークのトポロジ情報に対応した3R区間情報の一例を示す図である。

図4は第1、3、5、6、12ないし16実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。

図5は光ネットワークに設定された光パスと3R区間とを示す図である。

図6は3R中継実施判断部のブロック構成図である。

図7は3R実施シミュレート部の動作を説明するための図である。

図8は第1実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

図9は光ネットワークに設定された光パスと3R区間とを示す図である。

図10は第1実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

図11は第2実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。

図12は第2実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

図13は第2実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

図14は第3および第4実施例の3R区間情報を示す図である。

図15は光ネットワークに設定された光パスと3R区間とを示す図である。

図 1 6 は第 3 実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

図 1 7 は第 4 実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

図 1 8 は光ネットワークに設定された光パスと 3 R 区間とを示す図である。

図 1 9 は第 3 実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

図 2 0 は第 4 実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

図 2 1 は第 5 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報を示す図である。

図 2 2 は第 5 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報を示す図である。

図 2 3 は第 5 実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

図 2 4 は第 5 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報を示す図である。

図 2 5 は第 5 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報を示す図である。

図 2 6 は第 5 実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

図 2 7 は第 6 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報を示す図である。

図 2 8 は第 6 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報を示す図である。

図 2 9 は第 6 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報を示す図である。

図 3 0 は第 6 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報を示す図である。

図 3 1 は第 6 実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

図 3 2 は第 6 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報を示す図である。

図 3 3 は第 6 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報を示す図である。

図 3 4 は第 6 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報を示す図である。

図 3 5 は第 6 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報を示す図である。

図 3 6 は第 6 実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

図 3 7 は第 7 および第 8 実施例の網制御装置と光ノード装置との関係を示す概念図である。

図 3 8 は第 7 および第 8 実施例の網制御装置のブロック構成図である。

図 3 9 は第 7 実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。

図 4 0 は第 7 実施例の動作を示すシーケンス図である。

図 4 1 は第 8 実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。

図 4 2 は第 8 実施例の動作を示すシーケンス図である。

図 4 3 は第 9 実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。

図 4 4 は第 1 0 実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。

図 4 5 は第 1 1 実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。

図 4 6 は第 1 2 実施例の 3 R 中継実施ノード判断方法を説明するための図である。

図 4 7 は第 1 3 ないし第 1 6 実施例の 3 R 中継実施ノード判断方法を説明するための図である。

図 4 8 は第 1 3 および第 1 4 実施例の光ノード装置の動作を説明するための図である。

図 4 9 は第 1 5 および第 1 6 実施例の光ノード装置の動作を説明するための図である。

図 5 0 は第 1 7 実施例の光ノード装置の要部ブロック構成および動作を説明するための図である。

図 5 1 は実測部のブロック構成図である。

図 5 2 は第 1 7 実施例の光ノード装置の要部ブロック構成および動作を説明するための図である。

図 5 3 は第 1 8 実施例の出力側に光スイッチ部を備えた光ノード装置のブロック構成図である。

図 5 4 は第 1 8 実施例の入力側に光スイッチ部を備えた光ノード装置のブロック構成図である。

図 5 5 は第 1 8 実施例のトランク型の 3 R 中継部を備えた光ノード装置のブロック構成図である。



図56は第19実施例の光ノード装置における3R区間情報収集の概念を示す図である。

図57は第19実施例の光ノード装置における3R区間情報収集手順を示す図である。

図58は第19実施例の光ノード装置における3R区間情報収集の概念を示す図である。

図59は第19実施例の光ノード装置における3R区間情報収集手順を示す図である。

図60は第20、29実施例の光ノード装置における3R区間情報収集の概念を示す図である。

図61は第20、29実施例の光ノード装置のブロック構成図である。

図62は第20、29実施例の光ノード装置における3R区間情報収集の概念を示す図である。

図63は第20、29実施例の光ノード装置のブロック構成図である。

図64は第21実施例の網制御装置と光ネットワークとの関係を示す図である。

図65は第21実施例の網制御装置のブロック構成図である。

図66は第21実施例の保守者装置のブロック構成図である。

図67は第22実施例の網制御装置のブロック構成図である。

図68は第22実施例の網制御装置からの指示に基づき実測を行う光ノード装置を説明するための図である。

図69は第22実施例の網制御装置のブロック構成図である。

図70は第22実施例の網制御装置からの指示に基づき実測を行う光ノード装置を説明するための図である。

図71は第23実施例の網制御装置の要部ブロック構成図である。

図72は第23および第24実施例の網制御装置におけるトラヒック需要情報収集を説明するための図である。

図73は第24実施例の網制御装置の要部ブロック構成図である。

図74は第25実施例の光ノード装置の要部ブロック構成および動作を説明す

るための図である。

図 7 5 は第 2 5 実施例の光ノード装置の要部ブロック構成および動作を説明するための図である。

図 7 6 は第 2 6 実施例の出力側に光スイッチ部を備えた光ノード装置のブロック構成図である。

図 7 7 は第 2 6 実施例の入力側に光スイッチ部を備えた光ノード装置のブロック構成図である。

図 7 8 は第 2 6 実施例のトランク型の 3 R 中継部を備えた光ノード装置のブロック構成図である。

図 7 9 は第 2 7 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報収集の概念を示す図である。

図 8 0 は第 2 7 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報収集手順を示す図である。

図 8 1 は第 2 7 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報収集の概念を示す図である。

図 8 2 は第 2 7 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報収集手順を示す図である。

図 8 3 は第 2 8 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報収集の概念を示す図である。

図 8 4 は第 2 8 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報収集手順を示す図である。

図 8 5 は第 2 8 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報収集の概念を示す図である。

図 8 6 は第 2 8 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報収集手順を示す図である。

図 8 7 は従来の光ネットワーク構成を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照しつつ、本発明の好適な実施例について説明する。ただし、

本発明は以下の各実施例に限定されるものではなく、例えばこれら実施例の構成要素同士を適宜組み合わせてもよい。

本発明の各実施例を説明するのに先立って、3 R 区間、3 R 発ノード、3 R 着ノードの表記について図 1 ないし図 3 を参照して説明する。図 1 は 3 R 発ノード、3 R 着ノード、3 R 区間の表記を説明するための図である。図 2 は 3 R 区間の性質を説明するための図である。図 3 は光ネットワークのトポロジ情報に対応した 3 R 区間情報の一例を示す図である。図 1 に示すように、本発明の各実施例では、3 R 発ノードを黒く塗り潰した丸、3 R 着ノードをハッチングを施した丸で表記する。

また、光ノード装置 2 と 5 との間が 3 R 区間であるが、その間に含まれる全ての光ノード装置 2、3、4、5 相互間もまた 3 R 区間であるとは限らない。その理由は、各光ノード装置の有する発光素子および受光素子の能力は同一とは限らないからである。

すなわち、光ノード装置 2 の発光素子から発射された光信号が光ノード装置 5 の受光素子により途中における 3 R 中継の必要無く受光された場合に、例えば、光ノード装置 3 の発光素子は光ノード装置 2 の発光素子と比較して半分以下の光信号強度しか出力できないとしたら、光ノード装置 3 と 5 との間は、必ずしも 3 R 区間にはならない。あるいは、光ノード装置 4 の受光素子は、光ノード装置 5 の受光素子と比較して半分以下の受光感度しか持たないとしたら、光ノード装置 2 と 4 との間は、必ずしも 3 R 区間にはならない。また、光ノード装置 5 を 3 R 発ノードとし、光ノード装置 2 を 3 R 着ノードとした区間についても、上り下りで必ずしも同じ発光素子または受光素子を用いているとは限らず、光信号強度または受光感度が異なる場合があり、必ずしも 3 R 区間にはならない。したがって、図 2 に示すように、3 R 区間の表記は、他の 3 R 区間と一部または全部が重複して表記される場合もある。

このようにして設定された 3 R 区間情報は、図 3 に示すように、光ネットワークのトポロジ情報に対応して表記される。図 3 の例では、3 R 発ノードとして、光ノード装置 1、3、11、13 が指定されている。このような 3 R 発ノードの指定は、光ネットワークの管理者が行うものであり、例えば、トラヒック需要が

多い光パスの発ノードが3 R発ノードとして指定される。

なお、隣接する光ノード装置間の1ホップの区間は、明らかに3 R区間として機能するが、本発明では、あらかじめ指定した3 R発ノードと3 R着ノードとの間を3 R区間として設定する。また、あらかじめ3 R区間が設定されていない光ノード装置間に光パスを設定する際には、臨時に3 R区間を設定する必要が生じる場合もあるが、そのような場合には、所定の判断ポリシーに基づき一時的に3 R区間を設定する。このような場合には、自明の3 R区間として1ホップずつ3 R区間を設定する。

また、発ノードと着ノードとの間を同一波長で結ぶことができれば、波長変換が不要となり、波長変換リソースを最も有効に利用できるが、波長の使用状況は、光ネットワーク全体の波長使用状況に応じ、その時々で変化するため、光パス設定要求時点の波長空き状況に応じて波長変換を行う光ノード装置を決定するしかない。しかし、あらかじめ必ず波長変換を必要とする光ノード装置がわかっている場合には、当該光ノード装置を3 R発ノードとすることがよい。あらかじめ必ず波長変換を必要とする光ノード装置が判っている場合とは、例えば、ある光ノード装置の持つ波長変換リソースの内容が、前ホップの光ノード装置の持つ波長変換リソースの内容と異なり、ハードウェア的に同一波長での光パス設定が不可能である場合などである。

#### (第1実施例)

第1実施例の光ノード装置を図3ないし図10を参照して説明する。図4は第1実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。図5および図9は光ネットワークに設定された光パスと3 R区間とを示す図である。図6は3 R中継実施判断部21のブロック構成図である。図7は3 R実施シミュレート部の動作を説明するための図である。図8および図10は第1実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

第1実施例の光ノード装置は、図4に示すように、図3に示した自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3 R区間情報を保持する3 R区間情報保持部20と、この3 R区間情報保持部20に保持された3 R区間情報を参照して自己を経由する光パスが設定されたときには自己が3 R中継を実施する光ノード

ド装置か否かを自律的に判断する3 R中継実施判断部21とを備えたことを特徴とする。

第1実施例では、各光ノード装置が自律的に自己が3 R中継実施ノードであるか否かを判断するのであるから、各光ノード装置がそれぞれ3 R区間情報を保持する必要がある。ただし、光パス設定に関わらない光ノード装置までもが3 R区間情報を保持する必要はないので、光パス設定に関わる経路上の光ノード装置だけが3 R区間情報を保持することにすれば、情報記憶リソースを有効利用することができる。

次に、第1実施例の光ノード装置の動作を説明する。ここでは、図5に示すように、光ノード装置1から14までの光パス（二重線部分）が設定される例を説明する。光ノード装置1の3 R中継実施判断部21は、光ノード装置1が光ネットワークのトポロジのいずれの部分かを知るために、3 R区間情報保持部20を参照する。この結果、光ノード装置1がこれから設定しようとする光パスの発ノードであることを認識し、光ノード装置1が3 R中継を実施すると判断する。

光ノード装置1の光パス設定部22は、3 R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3 R中継のためのリソースを確保し、図8に示すように、光ノード装置2に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置1が3 R発ノードであることを示すD I T R (Downstream Ingress Three R) = 1というメッセージを光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置1からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置2の光パス設定部22は、光ノード装置2が3 R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3 R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置2の3 R中継実施判断部21は3 R区間情報保持部20に保持された3 R区間情報を参照し、光ノード装置2は3 R発ノードでなく、また、光ノード装置1からD I T R = 1が届いており、光ノード装置1が3 R発ノードとなれば光ノード装置4までが3 R区間であることがわかるので、光ノード装置2は3 R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置2の光パス設定部22は、3 R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定のためのリソースを確保し、図8に示すように、光ノード装置3に

対する光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 2 は 3 R 中継を実施しないので、光ノード装置 1 からの D I T R = 1 をそのまま光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 2 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 3 の光パス設定部 2 2 は、光ノード装置 3 が 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを 3 R 中継実施判断部 2 1 に問い合わせる。光ノード装置 3 の 3 R 中継実施判断部 2 1 は 3 R 区間情報保持部 2 0 に保持された 3 R 区間情報を参照し、光ノード装置 3 は、光ノード装置 3 から 1 4 までの 3 R 区間における 3 R 発ノードなので 3 R 中継を実施してもよいし、あるいは、光ノード装置 1 から光ノード装置 4 までの 3 R 区間においては 3 R 発ノードではないので 3 R 中継を実施せず 3 R 着ノードである光ノード装置 4 に光信号をそのまま透過させてもよいことを認識する。

このような場合には、光ノード装置 3 の 3 R 中継実施判断部 2 1 は、図 6 に示す 3 R 実施シミュレート部 2 3 および比較部 2 4 を用いて、光ノード装置 3 から 1 4 までの光パスに関し、光ノード装置 3 が 3 R 発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における 3 R 実施回数を比較する。すなわち、3 R 実施シミュレート部 2 3 では、図 7 に示すように、光ノード装置 3 が 3 R 中継を実施した場合と、実施しなかった場合との各ケースについて、3 R 区間を設定する。実施した場合には、図 7 に示すように、自己が 3 R 発ノードとなり、着ノードである光ノード装置 1 4 が 3 R 着ノードとなる 3 R 区間情報が存在するので、1 つの 3 R 区間が設定される。故に、3 R 実施回数は 1 回になる。

光ノード装置 3 が 3 R 中継を実施しなかった場合には、光ノード装置 4 が 3 R 着ノードとなる。ここで、3 R 実施シミュレート部 2 3 は、光ノード装置 4 の 3 R 中継実施判断部 2 1 の判断をシミュレートする。光ノード装置 4 の 3 R 中継実施判断部 2 1 の判断ポリシーとしては「自己が 3 R 着ノードに相当する光ノード装置であり、着ノードではないときには、自己を 3 R 発ノードとし次ホップ先の光ノード装置を 3 R 着ノードとして自己が 3 R 中継を実施する光ノード装置であると判断する」というものである。

すなわち「光ノード装置 4 の 3 R 中継実施判断部 2 1 は、自己が 3 R 着ノード

に相当する光ノード装置であり、着ノードではないので、自己を3 R発ノードとし次ホップ先の光ノード装置5を3 R着ノードとして自己が3 R中継を実施する光ノード装置であると判断する」ことがシミュレートされる。したがって、光ノード装置4が3 R着ノードになると、光ノード装置4を3 R発ノードとし次ホップ先の光ノード装置5を3 R着ノードとして光ノード装置4が3 R中継を実施すると判断する。

次に、3 R実施シミュレート部23は、光ノード装置5の3 R中継実施判断部21の判断をシミュレートする。光ノード装置5の3 R中継実施判断部21の判断ポリシとしては「自己が自己を経由する光パス上に3 R発ノードを有する3 R区間のいずれにも属していないときには、自己を3 R発ノードとし自己の次ホップ先の光ノード装置を3 R着ノードとして自己が3 R中継を実施する光ノード装置であると判断する」というものである。

すなわち「光ノード装置5の3 R中継実施判断部21は、自己は、自己を経由する光パス上の3 R発ノードを有する3 R区間のいずれにも自己が属していないので、自己を3 R発ノードとし自己の次ホップ先の光ノード装置14を3 R着ノードとして自己が3 R中継を実施する光ノード装置であると判断する」ことがシミュレートされる。したがって、光ノード装置5を3 R発ノードとし光ノード装置5の次ホップ先の光ノード装置14を3 R着ノードとして光ノード装置5が3 R中継を実施することがわかる。故に、3 R実施回数は2回になる。

このような3 R実施シミュレート部23のシミュレーション結果は比較部24に入力される。比較部24では、光ノード装置3が3 R中継を実施した方が実施しない場合と比較して3 R実施回数を少なくできることがわかるので、その旨を比較結果として出力する。3 R中継実施判断部21では、比較結果として、3 R実施回数の少ない方を選択する。したがって、光ノード装置3は3 R中継を実施すると判断する。

なお、このようなシミュレーションは、原則として、一つの光ノード装置を経由する光パス上の重複部分を含む複数の異なる3 R区間に関して当該一つの光ノード装置がいずれかの3 R区間における3 R発ノードであり、他の3 R区間においては3 R発ノードまたは3 R着ノードに該当しないときには行うことにする。

これは他実施例でも同様である。

光ノード装置 3 の光パス設定部 22 は、3 R 中継実施判断部 21 の判断を受けて光パス設定および 3 R 中継のためのリソースを確保し、図 8 に示すように、光ノード装置 4 に対する光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 3 が 3 R 発ノードであることを示す D I T R = 3 というメッセージを光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 3 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 4 の光パス設定部 22 は、光ノード装置 4 が 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを 3 R 中継実施判断部 21 に問い合わせる。光ノード装置 4 の 3 R 中継実施判断部 21 は 3 R 区間情報保持部 20 に保持された 3 R 区間情報を参照し、光ノード装置 4 は 3 R 着ノードであり、また、光ノード装置 3 から D I T R = 3 が届いており、光ノード装置 3 が 3 R 発ノードとなれば光ノード装置 14 までが 3 R 区間であることがわかるので光ノード装置 4 は 3 R 中継を実施する必要はないと判断する。

光ノード装置 4 の光パス設定部 22 は、3 R 中継実施判断部 21 の判断を受けて光パス設定のためのリソースを確保し、図 8 に示すように、光ノード装置 5 に対する光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 4 は 3 R 中継を実施しないので、光ノード装置 3 からの D I T R = 3 をそのまま光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 4 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 5 の光パス設定部 22 は、光ノード装置 5 が 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを 3 R 中継実施判断部 21 に問い合わせる。光ノード装置 5 の 3 R 中継実施判断部 21 は 3 R 区間情報保持部 20 に保持された 3 R 区間情報を参照し、光ノード装置 5 は 3 R 発ノードでなく、また、光ノード装置 4 から D I T R = 3 が届いており、光ノード装置 3 が 3 R 発ノードとなれば光ノード装置 14 までが 3 R 区間であることがわかるので光ノード装置 5 は 3 R 中継を実施する必要はないと判断する。

光ノード装置 5 の光パス設定部 22 は、3 R 中継実施判断部 21 の判断を受けて光パス設定のためのリソースを確保し、図 8 に示すように、光ノード装置 14



に対する光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 5 は 3 R 中継を実施しないので、光ノード装置 4 からの D I T R = 3 をそのまま光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 5 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 14 の光パス設定部 22 は、光ノード装置 14 が 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを 3 R 中継実施判断部 21 に問い合わせる。光ノード装置 14 の 3 R 中継実施判断部 21 は 3 R 区間情報保持部 20 に保持された 3 R 区間情報を参照し、光ノード装置 14 は着ノードなので 3 R 中継を実施する必要はないと判断する。

光ノード装置 14 の光パス設定部 22 は、3 R 中継実施判断部 21 の判断を受けてパス設定のためのリソースを確保し、図 8 に示すように、光ノード装置 5 に対して光パス設定完了通知 (Resv) を送出する。

この光パス設定完了通知 (Resv) は、光ノード装置 5 → 4 → 3 → 2 → 1 と伝達され、光パスの設定が完了する。このようにして、各光ノード装置 1、2、3、4、5、14 が光パス設定のシグナリング手順を実行する過程で自律的に自己が 3 R 中継を実施するか否かを判断することができる。

次に、第 1 実施例の光ノード装置の動作の他の例を説明する。ここでは、図 9 に示すように、光ノード装置 1 から 14 までの光パス (二重線部分) が設定される例を説明する。光ノード装置 1 の 3 R 中継実施判断部 21 は、光ノード装置 1 が光ネットワークのトポロジのいずれの部分かを知るために、3 R 区間情報保持部 20 を参照する。この結果、光ノード装置 1 がこれから設定しようとする光パスの発ノードであることを認識し、光ノード装置 1 が 3 R 中継を実施すると判断する。

光ノード装置 1 の光パス設定部 22 は、3 R 中継実施判断部 21 の判断を受けて光パス設定および 3 R 中継のためのリソースを確保し、図 10 に示すように、光ノード装置 10 に対する光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 1 が 3 R 発ノードであることを示す D I T R = 1 というメッセージを光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 1 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置

10の光パス設定部22は、光ノード装置10が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置10の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置10は3R発ノードでなく、また、光ノード装置1からDITR=1が届いており、光ノード装置1が3R発ノードとなれば光ノード装置11までが3R区間であることがわかるので、光ノード装置10は3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置10の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定のためのリソースを確保し、図10に示すように、光ノード装置11に対する光パス設定要求(Path)を送出する際に、光ノード装置10は3R中継を実施しないので、光ノード装置1からのDITR=1をそのまま光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置10からの光パス設定要求(Path)を受け取った光ノード装置11の光パス設定部22は、光ノード装置11が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置11の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置11は、光ノード装置11から13までの3R区間における3R発ノードなので3R中継を実施すると判断する。

光ノード装置11の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図10に示すように、光ノード装置12に対する光パス設定要求(Path)を送出する際に、光ノード装置11が3R発ノードであることを示すDITR=11というメッセージを光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置11からの光パス設定要求(Path)を受け取った光ノード装置12の光パス設定部22は、光ノード装置12が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置12の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置12は3R発ノードでも3R着ノードでもなく、3R中継を実施する必要はないと判断する。

光ノード装置 12 の光パス設定部 22 は、3 R 中継実施判断部 21 の判断を受けて光パス設定のためのリソースを確保し、図 10 に示すように、光ノード装置 13 に対する光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 12 は 3 R 中継を実施しないので、光ノード装置 11 からの D I T R = 11 をそのまま光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 12 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 13 の光パス設定部 22 は、光ノード装置 13 が 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを 3 R 中継実施判断部 21 に問い合わせる。光ノード装置 13 の 3 R 中継実施判断部 21 は 3 R 区間情報保持部 20 に保持された 3 R 区間情報を参照し、光ノード装置 13 は 3 R 発ノードであり、3 R 中継を実施すると判断する。

光ノード装置 13 の光パス設定部 22 は、3 R 中継実施判断部 21 の判断を受けて光パス設定および 3 R 中継のためのリソースを確保し、図 10 に示すように、光ノード装置 14 に対する光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 13 は 3 R 中継を実施するので、D I T R = 13 を光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 13 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 14 の光パス設定部 22 は、光ノード装置 14 が 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを 3 R 中継実施判断部 21 に問い合わせる。光ノード装置 14 の 3 R 中継実施判断部 21 は 3 R 区間情報保持部 20 に保持された 3 R 区間情報を参照し、光ノード装置 14 は着ノードなので 3 R 中継を実施する必要はないと判断する。

光ノード装置 14 の光パス設定部 22 は、3 R 中継実施判断部 21 の判断を受けてパス設定のためのリソースを確保し、図 10 に示すように、光ノード装置 13 に対して光パス設定完了通知 (Resv) を送出する。

この光パス設定完了通知 (Resv) は、光ノード装置 13 → 12 → 11 → 10 → 1 と伝達され、光パスの設定が完了する。このようにして、各光ノード装置 1、10、11、12、13、14 が光パス設定のシグナリング手順を実行する過程で自律的に自己が 3 R 中継を実施するか否かを判断することができる。

### (第2実施例)

本発明第2実施例の光ノード装置を図3、図5、図6、図9、図11、図12、図13を参照して説明する。図11は第2実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。図12および図13は第2実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

第2実施例の光ノード装置は、自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を保持する3R区間情報保持部20と、この3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照して自己が発ノードであるときに自己から着ノードまでの光パスが経由する他光ノード装置の中で3R中継を実施する他光ノード装置を特定する3R中継実施ノード特定部25と、この3R中継実施ノード特定部25により特定された他光ノード装置に対して自己が発ノードである光パスに対する3R中継の実施を要求する3R中継実施要求部26とを備えたことを特徴とする。

第2実施例では、発ノードに相当する光ノード装置が3R中継実施ノードを特定するのであるから、とりあえず発ノードに相当する光ノード装置が3R区間情報を保持していればよく、第1実施例のように、全光ノード装置あるいは光パス設定に関わる複数の光ノード装置が3R区間情報を保持する必要はない。したがって、発ノードに相当する光ノード装置だけが3R区間情報を保持することにすれば、情報記憶リソースを有効利用することができる。

次に、第2実施例の光ノード装置の動作を説明する。3R区間情報保持部20には、図3に示した3R区間情報が保持されている。光ノード装置1の光パス設定部22は、光ノード装置1を発ノードとし、光ノード装置14を着ノードとして、これから図5に示すように光ノード装置1から14までの光パス（二重線部分）の設定を試みる場所である。光パス設定部22は、3R中継実施ノード特定部25に、自光ノード装置1以外の3R中継を実施する光ノード装置の特定を要求する。

ここで、3R中継実施ノード特定部25における3R中継を実施する光ノード装置の特定アルゴリズムを説明する。光ノード装置2については、3R発ノードでなく、また、光ノード装置1が3R中継を実施するので光ノード装置2は3R

中継を実施しないと判断する。光ノード装置 3 については、光ノード装置 3 から 1 4 までの 3 R 区間における 3 R 発ノードなので 3 R 中継を実施してもよいし、あるいは、光ノード装置 1 から光ノード装置 4 までの 3 R 区間においては 3 R 発ノードではないので 3 R 中継を実施せず 3 R 着ノードである光ノード装置 4 に光信号をそのまま透過させてもよい。

このような場合には、3 R 中継実施ノード特定部 2 5 は、図 6 に示す 3 R 実施シミュレート部 2 3 および比較部 2 4 を用いて、光ノード装置 3 から 1 4 までの光パスに関し、光ノード装置 3 が 3 R 発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における 3 R 実施回数を比較する。以下の説明は第 1 実施例同様である。

このような 3 R 実施シミュレート部 2 3 のシミュレーション結果は比較部 2 4 に入力される。比較部 2 4 では、光ノード装置 3 が 3 R 中継を実施した方が実施しない場合と比較して 3 R 実施回数を少なくできることがわかるので、その旨を比較結果として出力する。3 R 中継実施ノード特定部 2 5 では、比較結果として、3 R 実施回数の少ない方を選択する。したがって、光ノード装置 3 は 3 R 中継を実施すると判断する。

光ノード装置 4 については、3 R 着ノードなので 3 R 中継は実施しないと判断する。また、光ノード装置 5 については、3 R 発ノードでないので 3 R 中継は実施しないと判断する。また、光ノード装置 1 4 については、着ノードなので 3 R 中継は実施しないと判断する。

このようにして、発ノードである光ノード装置 1 が光ノード装置 1 から 1 4 までの光パスにおける 3 R 中継を実施する光ノード装置を特定する。さらに、光ノード装置 1 は、自己が特定した 3 R 中継を実施する光ノード装置 3 に対して 3 R 中継実施要求部 2 6 から 3 R 中継実施要求として E T R (Explicit Three R) = 3 を出力する。

3 R 中継を実施する光ノード装置が特定できたら、図 1 2 に示すように、光ノード装置 1 の光パス設定部 2 2 は、光パス設定のためのシグナリング手順を実行する。すなわち、光ノード装置 1 は、光パス設定および 3 R 中継のためのリソースを確保し、光ノード装置 2 に対して光パス設定要求 (P a t h) を送出する。

この際に、光パス設定要求にはETR=3を搭載する。

光ノード装置1からの光パス設定要求(Path)を受け取った光ノード装置2は、ETR=3を参照し、自己が3R中継を実施する光ノード装置ではないことを認識し、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置3に対して光パス設定要求(Path)を送出する。この際に、光ノード装置1から届いたETR=3をそのまま搭載する。

光ノード装置2からの光パス設定要求(Path)を受け取った光ノード装置3は、ETR=3を参照し、自己が3R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置4に対して光パス設定要求(Path)を送出する。この際、ETR=3は光ノード装置3が3R中継を実施することを認識した後に消去されるので光ノード装置3以降には伝達されない。

光ノード装置3からの光パス設定要求(Path)を受け取った光ノード装置4は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置5に対して光パス設定要求(Path)を送出する。光ノード装置4からの光パス設定要求(Path)を受け取った光ノード装置5は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置14に対して光パス設定要求(Path)を送出する。光ノード装置5からの光パス設定要求(Path)を受け取った光ノード装置14は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置5に対して光パス設定完了通知(Resv)を送出する。光パス設定完了通知(Resv)は、光ノード装置5→4→3→2→1と伝達されて光パス設定が完了する。

次に、第2実施例の光ノード装置の動作の他の例を説明する。図9および図13を参照して発ノードと着ノードとの間の光パス上で2回の3R中継を実施する場合の例を説明する。3R区間情報保持部20には、図3に示した3R区間情報が保持されている。光ノード装置1の光パス設定部22は、光ノード装置1を発ノードとし、光ノード装置14を着ノードとして、これから図9に示すように光ノード装置1から14までの光パス(二重線部分)の設定を試みるところである。光パス設定部22は、3R中継実施ノード特定部25に、自光ノード装置1以外の3R中継を実施する光ノード装置の特定を要求する。

ここで、3 R中継実施ノード特定部25における3 R中継を実施する光ノード装置の特定アルゴリズムを説明する。光ノード装置10については、3 R発ノードでなく、また、光ノード装置1が3 R中継を実施するので光ノード装置10は3 R中継を実施しないと判断する。光ノード装置11については、光ノード装置11から13までの3 R区間における3 R発ノードなので3 R中継を実施すると判断する。光ノード装置12については、3 R発ノードでないので3 R中継は実施しないと判断する。光ノード装置13については、光ノード装置13から14までの3 R区間における3 R発ノードなので3 R中継を実施すると判断する。光ノード装置14については、着ノードなので3 R中継は実施しないと判断する。

このようにして、発ノードである光ノード装置1が光ノード装置1から14までの光パスにおける3 R中継を実施する光ノード装置を特定する。さらに、光ノード装置1は、自己が特定した3 R中継を実施する光ノード装置3に対して3 R中継実施要求部26から3 R中継実施要求としてETR=11, 13を出力する。

3 R中継を実施する光ノード装置が特定できたら、図13に示すように、光ノード装置1の光パス設定部22は、光パス設定のためのシグナリング手順を実行する。すなわち、光ノード装置1は、光パス設定および3 R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置10に対して光パス設定要求(P a t h)を送出する。この際に、光パス設定要求にはETR=11, 13を搭載する。

光ノード装置1からの光パス設定要求(P a t h)を受け取った光ノード装置10は、ETR=11, 13を参照し、自己が3 R中継を実施する光ノード装置ではないことを認識し、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置11に対して光パス設定要求(P a t h)を送出する。この際に、光ノード装置1から届いたETR=11, 13をそのまま搭載する。

光ノード装置10からの光パス設定要求(P a t h)を受け取った光ノード装置11は、ETR=11, 13を参照し、自己が3 R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3 R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置12に対して光パス設定要求(P a t h)を送出する。この際、ETR=11は光ノード装置11が3 R中継を実施することを認識した後に消去さ

れるので光パス設定要求にはETR=13が搭載される。

光ノード装置11からの光パス設定要求(Path)を受け取った光ノード装置12は、ETR=13を参照し、自己が3R中継を実施する光ノード装置ではないことを認識し、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置13に対して光パス設定要求(Path)を送出する。この際に、光ノード装置11から届いたETR=13をそのまま搭載する。

光ノード装置12からの光パス設定要求(Path)を受け取った光ノード装置13は、ETR=13を参照し、自己が3R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置14に対して光パス設定要求(Path)を送出する。この際、ETR=13は光ノード装置13が3R中継を実施することを認識した後に消去されるので光ノード装置14には伝達されない。

光ノード装置13からの光パス設定要求(Path)を受け取った光ノード装置14は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置13に対して光パス設定完了通知(Resv)を送出する。光パス設定完了通知(Resv)は、光ノード装置13→12→11→10→1と伝達されて光パス設定が完了する。

このように、発ノードとなる光ノード装置が着ノードまでの光パス上で3R中継を実施する光ノード装置を特定するので、当該光パス上の他光ノード装置は、単に、発ノードからの指示にしたがえばよく、計算負荷を軽減することができる。また、発ノードとなる光ノード装置以外の光ノード装置は、3R区間情報を保持しなくてよく、情報記憶リソースを有効利用できる。

### (第3実施例)

第3実施例の光ノード装置を図4、図14、図15、図16、図18、図19を参照して説明する。図14は第3実施例の3R区間情報を示す図である。図15、図18は光ネットワークに設定された光パスと3R区間とを示す図である。図16、図19は第3実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

第3実施例は、双方向光パスにおいて、3R中継を実施する光ノード装置を上



り光パスおよび下り光パスの双方共にシグナリング時に設定する例を説明する。第3実施例の光ノード装置は、図4に示す構成として説明する。図4に示す構成では、各光ノード装置が同一の3R区間情報を保持して自律的に自己が3R中継を実施するか否かを判断する構成である。3R区間情報保持部20には、図14に示す3R区間情報が保持されている。

第3実施例では、第1実施例と同様に、各光ノード装置が自律的に自己が3R中継実施ノードであるか否かを判断するのであるから、各光ノード装置がそれぞれ3R区間情報を保持する必要がある。ただし、光パス設定に関わらない光ノード装置までもが3R区間情報を保持する必要はないので、光パス設定に関わる経路上の光ノード装置だけが3R区間情報を保持することにすれば、情報記憶リソースを有効利用することができる。

次に、第3実施例の光ノード装置の動作を説明する。ここでは、図15に示すように、光ノード装置1から14までの双方向光パス（二重線部分）が設定される例を説明する。光ノード装置1の3R中継実施判断部21は、光ノード装置1が光ネットワークのトポロジのいずれの部分かを知るために、3R区間情報保持部20を参照する。この結果、光ノード装置1がこれから設定しようとする双方向光パスの発ノードであり、かつ、下り光パスの3R発ノードであることを認識し、光ノード装置1が下り光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。

光ノード装置1の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて下り光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図16に示すように、光ノード装置2に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置1が下り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であることを示すDITR=1というメッセージを光パス設定要求に搭載する。

さらに、3R中継実施判断部21は、3R区間情報保持部20を参照し、光ノード装置1がこれから設定しようとする上り光パスの3R着ノードであることを認識し、光ノード装置1は上り光パスにおいては3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置1の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて上り光パス設定のためのリソースを確保し、図16に示すように、光ノード装

置 2 に対する光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 1 が上り光パスにおける 3 R 着ノードであることを示す UETR (Upstream Egress Three R) = 1 というメッセージを光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 1 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 2 の光パス設定部 22 は、光ノード装置 2 が上りまたは下り光パスにおいて 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを 3 R 中継実施判断部 21 に問い合わせる。光ノード装置 2 の 3 R 中継実施判断部 21 は 3 R 区間情報保持部 20 に保持された 3 R 区間情報を参照し、上りまたは下り光パスにおいて光ノード装置 2 は 3 R 発ノードでなく、また、光ノード装置 1 から DITR = 1 が届いており、下り光パスにおいては光ノード装置 1 が 3 R 発ノードとなれば光ノード装置 4 までが 3 R 区間であることがわかるので光ノード装置 2 は 3 R 中継を実施しないと判断する。また、光ノード装置 1 から UETR = 1 が届いており、上り光パスにおいては光ノード装置 1 が 3 R 着ノードであり、3 R 区間情報によれば、光ノード装置 4 が光ノード装置 1 を 3 R 着ノードとする 3 R 発ノードであることがわかるので、光ノード装置 2 は上り光パスにおいても 3 R 中継を実施しないと判断する。

光ノード装置 2 の光パス設定部 22 は、3 R 中継実施判断部 21 の判断を受けて下りおよび上り光パス設定のためのリソースを確保し、図 16 に示すように、光ノード装置 3 に対する光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 2 は 3 R 中継を実施しないので、光ノード装置 1 からの DITR = 1、UETR = 1 をそのまま光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 2 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 3 の光パス設定部 22 は、光ノード装置 3 が 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを 3 R 中継実施判断部 21 に問い合わせる。光ノード装置 3 の 3 R 中継実施判断部 21 は 3 R 区間情報保持部 20 に保持された 3 R 区間情報を参照し、光ノード装置 3 は、下り光パスにおいて光ノード装置 3 から 14 までの 3 R 区間における 3 R 発ノードなので 3 R 中継を実施してもよいし、あるいは、下り光パスにおいて光ノード装置 1 から光ノード装置 4 までの 3 R 区間においては 3 R 発ノードではないので 3 R 中継を実施せず 3 R 着ノードである光ノード装置 4 に

光信号をそのまま透過させてもよいことを認識する。

このような場合には、光ノード装置3の3R中継実施判断部21は、3R実施シミュレート部23および比較部24を用いて、光ノード装置3から14までの光パスに関し、光ノード装置3が3R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3R実施回数を比較する。以下の説明は第1実施例と同様である。

このような3R実施シミュレート部23のシミュレーション結果は比較部24に入力される。比較部24では、光ノード装置3が下り光パスにおいて3R中継を実施した方が実施しない場合と比較して3R実施回数を少なくできることがわかるので、その旨を比較結果として出力する。3R中継実施判断部21では、比較結果として、3R実施回数の少ない方を選択する。したがって、光ノード装置3は下り光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。

さらに、3R中継実施判断部21は、光ノード装置3は、上り光パスにおいては、3R発ノードではなく、また、光ノード装置2からUETR=1が届いており、光ノード装置1を3R着ノードとすれば、光ノード装置4が3R発ノードであることがわかるので、上り光パスにおいては3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置3の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図16に示すように、光ノード装置4に対する光パス設定要求(Path)を送出する際に、光ノード装置3が下り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であることを示すDITR=3というメッセージを光パス設定要求に搭載する。また、光ノード装置3は上り光パスにおいては3R中継を実施しないので光ノード装置2から届いたUETR=1をそのまま光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置3からの光パス設定要求(Path)を受け取った光ノード装置4の光パス設定部22は、光ノード装置4が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置4の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置4は下り光パスにおいて3R着ノードであり、また、光ノード装

置 3 から  $D I T R = 3$  が届いており、光ノード装置 3 が下り光パスにおける 3 R 発ノードであれば光ノード装置 1 4 までが 3 R 区間であることがわかるので光ノード装置 4 は 3 R 中継を実施する必要はないと判断する。

さらに、3 R 中継実施判断部 2 1 は、3 R 区間情報保持部 2 0 に保持された 3 R 区間情報を参照し、また、光ノード装置 3 から  $U E T R = 1$  が届いていることから、光ノード装置 4 は上り光パスにおいて光ノード装置 1 を 3 R 着ノードとする 3 R 発ノードであることがわかるので、上り光パスにおいて 3 R 中継を実施すると判断する。

光ノード装置 4 の光パス設定部 2 2 は、3 R 中継実施判断部 2 1 の判断を受けて光パス設定および 3 R 中継のためのリソースを確保し、図 1 6 に示すように、光ノード装置 5 に対する光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 4 は下り光パスにおいて 3 R 中継を実施しないので、光ノード装置 3 からの  $D I T R = 3$  をそのまま光パス設定要求に搭載する。

また、光ノード装置 4 の光パス設定部 2 2 は、上り光パスにおける 3 R 発ノードであるが着ノードでなく、また、光ノード装置 4 が当該上り光パス上の 3 R 着ノードでないので、光ノード装置 5 が光ノード装置 4 を 3 R 着ノードとした 3 R 発ノードであることを光ノード装置 5 に伝達するためのメッセージとして  $U E T R = 4$  を光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 4 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 5 の光パス設定部 2 2 は、光ノード装置 5 が 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを 3 R 中継実施判断部 2 1 に問い合わせる。光ノード装置 5 の 3 R 中継実施判断部 2 1 は 3 R 区間情報保持部 2 0 に保持された 3 R 区間情報を参照し、光ノード装置 5 は下り光パスの 3 R 発ノードでなく、また、光ノード装置 4 から  $D I T R = 3$  が届いており、光ノード装置 3 が 3 R 発ノードであれば光ノード装置 1 4 までが 3 R 区間であることがわかるので光ノード装置 5 は 3 R 中継を実施しないと判断する。また、3 R 中継実施判断部 2 1 は、3 R 区間情報を参照すると共に  $U E T R = 4$  を受け取り、上り光パスにおいて光ノード装置 5 が  $U E T R = 4$  の送出元の光ノード装置 4 を 3 R 着ノードとした 3 R 発ノードであることを認識し、上り光パスにおける 3 R 中継を実施すると判断する。

光ノード装置5の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図16に示すように、光ノード装置14に対する光パス設定要求(P a t h)を送出する際に、光ノード装置5は下り光パスにおいては3R中継を実施しないので、光ノード装置4からのD I T R=3をそのまま光パス設定要求に搭載する。

また、光ノード装置5は上り光パスにおいては3R発ノードであるが、光ノード装置14を3R発ノードとし、光ノード装置5を3R着ノードとした3R区間が設定されていない。このような場合には光ノード装置14は「自己を経由する光パス上の3R発ノードを有する3R区間のいずれにも自己が属していないときには、自己を3R発ノードとし自己の次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとして自己が3R中継を実施する光ノード装置であると判断する」という判断ポリシーに基づき3R発ノードとなる必要がある。そこで、光ノード装置5が3R着ノードであることを示すU E T R=5を光パス要求に搭載する。

光ノード装置5からの光パス設定要求(P a t h)を受け取った光ノード装置14の光パス設定部22は、光ノード装置14が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置14の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置14は着ノードなので下り光パスにおいては3R中継を実施する必要はないが、上り光パスにおいては、光ノード装置5からU E T R=5が届いており、光ノード装置14を3R発ノードとし、光ノード装置5を3R着ノードとして3R中継を実施する必要があると判断する。

光ノード装置14の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図16に示すように、光ノード装置5に対して光パス設定完了通知(R e s v)を送出する。

この光パス設定完了通知(R e s v)は、光ノード装置5→4→3→2→1と伝達され、光パスの設定が完了する。このようにして、各光ノード装置1、2、3、4、5、14が光パス設定のシグナリング手順を実行する過程で自律的に自己が3R中継を実施するか否かを判断することができる。

次に、第3実施例の光ノード装置の動作の他の例を説明する。ここでは、図1

8に示すように、光ノード装置1から14までの双方向光パス（二重線部分）が設定される例を説明する。光ノード装置1の3R中継実施判断部21は、光ノード装置1が光ネットワークのトポロジのいずれの部分かを知るために、3R区間情報保持部20を参照する。この結果、光ノード装置1がこれから設定しようとする双方向光パスの発ノードであり、かつ、下り光パスの3R発ノードであることを認識し、光ノード装置1が下り光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。

光ノード装置1の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて下り光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図19に示すように、光ノード装置10に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置1が下り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であることを示すDITR=1というメッセージを光パス設定要求に搭載する。

さらに、3R中継実施判断部21は、3R区間情報保持部20を参照し、光ノード装置1がこれから設定しようとする上り光パスの3R着ノードであることを認識し、光ノード装置1は上り光パスにおいては3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置1の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて上り光パス設定のためのリソースを確保し、図19に示すように、光ノード装置10に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置1が上り光パスにおける3R着ノードであることを示すUETR=1というメッセージを光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置1からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置10の光パス設定部22は、光ノード装置10が上りまたは下り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置10の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、上りまたは下り光パスにおいて光ノード装置10は3R発ノードでなく、また、光ノード装置1からDITR=1が届いており、下り光パスにおいては光ノード装置1が3R発ノードとなれば光ノード装置11までが3R区間であることがわかるので光ノード装置10は3R中継を

実施しないと判断する。また、光ノード装置 1 から  $UETR=1$  が届いており、上り光パスにおいては光ノード装置 1 が 3R 着ノードであり、3R 区間情報によれば、光ノード装置 12 が光ノード装置 1 を 3R 着ノードとする 3R 発ノードであることがわかるので、光ノード装置 10 は上り光パスにおいても 3R 中継を実施しないと判断する。

光ノード装置 10 の光パス設定部 22 は、3R 中継実施判断部 21 の判断を受けて下りおよび上り光パス設定のためのリソースを確保し、図 19 に示すように、光ノード装置 11 に対する光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 10 は 3R 中継を実施しないので、光ノード装置 1 からの  $DITR=1$ 、 $UETR=1$  をそのまま光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 10 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 11 の光パス設定部 22 は、光ノード装置 11 が 3R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを 3R 中継実施判断部 21 に問い合わせる。光ノード装置 11 の 3R 中継実施判断部 21 は 3R 区間情報保持部 20 に保持された 3R 区間情報を参照し、光ノード装置 11 は、下り光パスにおいて光ノード装置 11 から 13 までの 3R 区間における 3R 発ノードなので 3R 中継を実施すると判断する。

さらに、3R 中継実施判断部 21 は、光ノード装置 11 は、上り光パスにおいては、3R 発ノードではなく、また、光ノード装置 10 から  $UETR=1$  が届いており、光ノード装置 1 を 3R 着ノードとすれば、光ノード装置 12 が 3R 発ノードであることがわかるので、上り光パスにおいては 3R 中継を実施しないと判断する。

光ノード装置 11 の光パス設定部 22 は、3R 中継実施判断部 21 の判断を受けて光パス設定および 3R 中継のためのリソースを確保し、図 19 に示すように、光ノード装置 12 に対する光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 11 が下り光パスにおいて 3R 中継を実施する光ノード装置であることを示す  $DITR=11$  というメッセージを光パス設定要求に搭載する。また、光ノード装置 11 は上り光パスにおいては 3R 中継を実施しないので光ノード装置 10 から届いた  $UETR=1$  をそのまま光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 11 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装

置 1 2 の光パス設定部 2 2 は、光ノード装置 1 2 が 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを 3 R 中継実施判断部 2 1 に問い合わせる。光ノード装置 1 2 の 3 R 中継実施判断部 2 1 は 3 R 区間情報保持部 2 0 に保持された 3 R 区間情報を参照し、光ノード装置 1 2 は下り光パスにおいて 3 R 着ノードであり、また、光ノード装置 1 1 から D I T R = 1 1 が届いており、光ノード装置 1 1 が下り光パスにおける 3 R 発ノードであれば光ノード装置 1 3 までが 3 R 区間であることがわかるので光ノード装置 1 2 は 3 R 中継を実施する必要はないと判断する。

さらに、3 R 中継実施判断部 2 1 は、3 R 区間情報保持部 2 0 に保持された 3 R 区間情報を参照し、また、光ノード装置 1 1 から U E T R = 1 が届いていることから、光ノード装置 1 2 は上り光パスにおいて光ノード装置 1 を 3 R 着ノードとする 3 R 発ノードであることがわかるので、上り光パスにおいて 3 R 中継を実施すると判断する。

光ノード装置 1 2 の光パス設定部 2 2 は、3 R 中継実施判断部 2 1 の判断を受けて光パス設定および 3 R 中継のためのリソースを確保し、図 1 9 に示すように、光ノード装置 1 3 に対する光パス設定要求 (P a t h) を送出する際に、光ノード装置 1 2 は下り光パスにおいて 3 R 中継を実施しないので、光ノード装置 1 1 からの D I T R = 1 1 をそのまま光パス設定要求に搭載する。

また、光ノード装置 1 2 は上り光パスにおいて 3 R 発ノードであると共に、光ノード装置 1 4 を上り光パスの 3 R 発ノードとした場合の 3 R 着ノードでもある。したがって、光ノード装置 1 2 が 3 R 着ノードであることを示す U E T R = 1 2 を光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 1 2 からの光パス設定要求 (P a t h) を受け取った光ノード装置 1 3 の光パス設定部 2 2 は、光ノード装置 1 3 が 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを 3 R 中継実施判断部 2 1 に問い合わせる。光ノード装置 1 3 の 3 R 中継実施判断部 2 1 は 3 R 区間情報保持部 2 0 に保持された 3 R 区間情報を参照し、光ノード装置 1 3 は下り光パスの 3 R 発ノードでなく、また、光ノード装置 1 2 から D I T R = 1 1 が届いており、光ノード装置 1 1 が 3 R 発ノードであれば光ノード装置 1 3 は 3 R 着ノードであることがわかる。

ここで「自己が下り光パスにおける 3 R 着ノードであり、自己が着ノードでな



く、自己が当該下り光パス上の3R発ノードでないときには自己を下り光パス上の次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードとして3R中継を実施する光ノード装置であると判断する」という判断ポリシーに基づき判断を行い、光ノード装置13が3R中継を実施すると判断する。

また、上り光パスにおいては、UETR=12が届いており、これにより、光ノード装置14と光ノード装置12との間が3R区間であることがわかるので、光ノード装置13は3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置13の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図19に示すように、光ノード装置14に対する光パス設定要求(Path)を送出する際に、光ノード装置13は下り光パスにおいては3R中継を実施するので、DITR=13を光パス設定要求に搭載する。また、光ノード装置13は上り光パスにおいては3R中継を実施しないので光ノード装置12からのUETR=12をそのまま光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置13からの光パス設定要求(Path)を受け取った光ノード装置14の光パス設定部22は、光ノード装置14が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置14の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置14は着ノードなので下り光パスにおいては3R中継を実施する必要はないが、上り光パスにおいては、光ノード装置13からUETR=12が届いており、光ノード装置14を3R発ノードとし、光ノード装置12を3R着ノードとして3R中継を実施する必要があると判断する。

光ノード装置14の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、図19に示すように、光ノード装置13に対して光パス設定完了通知(Resv)を送出する。

この光パス設定完了通知(Resv)は、光ノード装置13→12→11→10→1と伝達され、光パスの設定が完了する。このようにして、各光ノード装置1、10、11、12、13、14が光パス設定のシグナリング手順を実行する過程で自律的に自己が3R中継を実施するか否かを判断することができる。

#### (第4実施例)

第4実施例の光ノード装置を図11、図14、図15、図17、図18、図20を参照して説明する。図14は第4実施例の3R区間情報を示す図であり、第3実施例と共通である。図15、図18は光ネットワークに設定された光パスと3R区間とを示す図であり、第3実施例と共通である。図17、図20は第4実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

第4実施例は、双方向光パスにおいて、3R中継を実施する光ノード装置を上り光パスおよび下り光パスの双方共にシグナリング時に設定する例を説明する。第4実施例の光ノード装置は、図11に示す構成として説明する。図11に示す構成では、発ノードに相当する光ノード装置が着ノードまでの光パス上の3R中継を実施する光ノード装置を特定し、この光ノード装置に対して3R中継の実施を要求する構成である。3R区間情報保持部20には、図14に示す3R区間情報が保持されている。

第4実施例では、第2実施例と同様に、発ノードに相当する光ノード装置が3R中継実施ノードを特定するのであるから、とりあえず発ノードに相当する光ノード装置が3R区間情報を保持していればよく、第3実施例のように、全光ノード装置あるいは光パス設定に関わる複数の光ノード装置が3R区間情報を保持する必要はない。したがって、発ノードに相当する光ノード装置だけが3R区間情報を保持することにすれば、情報記憶リソースを有効利用することができる。

次に、第4実施例の光ノード装置の動作を説明する。ここでは、図15に示すように、光ノード装置1から14までの双方向光パス（二重線部分）が設定される例を説明する。発ノードに相当する光ノード装置1の3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置1が光ネットワークのトポロジのいずれの部分かを知るために、3R区間情報保持部20を参照する。この結果、光ノード装置1がこれから設定しようとする双方向光パスの発ノードであり、かつ、下り光パスの3R発ノードであることを認識し、光ノード装置1が下り光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。

さらに、3R中継実施ノード特定部25は、3R区間情報保持部20を参照し、光ノード装置1がこれから設定しようとする上り光パスの3R着ノードである

ことを認識し、光ノード装置 1 は上り光パスにおいては 3 R 中継を実施しないと判断する。

また、3 R 中継実施ノード特定部 2 5 は、光ノード装置 2 が上りまたは下り光パスにおいて 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを判断する。3 R 中継実施ノード特定部 2 5 は 3 R 区間情報保持部 2 0 に保持された 3 R 区間情報を参照し、上りまたは下り光パスにおいて光ノード装置 2 は 3 R 発ノードでなく、下り光パスにおいては光ノード装置 1 が 3 R 発ノードとなれば光ノード装置 4 までが 3 R 区間であることがわかるので光ノード装置 2 は 3 R 中継を実施しないと判断する。また、上り光パスにおいては光ノード装置 1 が 3 R 着ノードであり、3 R 区間情報によれば、光ノード装置 4 が光ノード装置 1 を 3 R 着ノードとする 3 R 発ノードであることがわかるので、光ノード装置 2 は上り光パスにおいても 3 R 中継を実施しないと判断する。

また、3 R 中継実施ノード特定部 2 5 は、光ノード装置 3 が 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを判断する。3 R 中継実施ノード特定部 2 5 は 3 R 区間情報保持部 2 0 に保持された 3 R 区間情報を参照し、光ノード装置 3 は、下り光パスにおいて光ノード装置 3 から 1 4 までの 3 R 区間における 3 R 発ノードなので 3 R 中継を実施してもよいし、あるいは、下り光パスにおいて光ノード装置 1 から光ノード装置 4 までの 3 R 区間においては 3 R 発ノードではないので 3 R 中継を実施せず 3 R 着ノードである光ノード装置 4 に光信号をそのまま透過させてもよいことを認識する。

このような場合には、3 R 中継実施ノード特定部 2 5 は、3 R 実施シミュレート部 2 3 および比較部 2 4 を用いて、光ノード装置 3 から 1 4 までの光パスに関し、光ノード装置 3 が 3 R 発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における 3 R 実施回数を比較する。以下の説明は第 1 実施例と同様である。

このような 3 R 実施シミュレート部 2 3 のシミュレーション結果は比較部 2 4 に入力される。比較部 2 4 では、光ノード装置 3 が下り光パスにおいて 3 R 中継を実施した方が実施しない場合と比較して 3 R 実施回数を少なくできることがわかるので、その旨を比較結果として出力する。3 R 中継実施ノード特定部 2 5 で

は、比較結果として、3 R実施回数の少ない方を選択する。したがって、光ノード装置3は下り光パスにおいて3 R中継を実施すると判断する。

さらに、3 R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置3は、上り光パスにおいては、3 R発ノードではなく、また、光ノード装置1を3 R着ノードとすれば、光ノード装置4が3 R発ノードであることがわかるので、上り光パスにおいては3 R中継を実施しないと判断する。

また、3 R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置4が3 R中継を実施する光ノード装置であるか否かを判断する。3 R中継実施ノード特定部25は3 R区間情報保持部20に保持された3 R区間情報を参照し、光ノード装置4は下り光パスにおいて3 R着ノードであり、また、光ノード装置3が下り光パスにおける3 R発ノードであれば光ノード装置14までが3 R区間であることがわかるので光ノード装置4は3 R中継を実施する必要はないと判断する。

さらに、3 R中継実施ノード特定部25は、3 R区間情報保持部20に保持された3 R区間情報を参照し、光ノード装置4は上り光パスにおいて光ノード装置1を3 R着ノードとする3 R発ノードであることがわかるので、上り光パスにおいて3 R中継を実施すると判断する。

また、3 R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置5が3 R中継を実施する光ノード装置であるか否かを判断する。3 R中継実施ノード特定部25は3 R区間情報保持部20に保持された3 R区間情報を参照し、光ノード装置5は下り光パスの3 R発ノードでなく、また、光ノード装置3が3 R発ノードであれば光ノード装置14までが3 R区間であることがわかるので光ノード装置5は3 R中継を実施しないと判断する。また、光ノード装置5は上り光パスの3 R発ノードであることを認識し、上り光パスにおける3 R中継を実施すると判断する。

また、3 R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置14が3 R中継を実施する光ノード装置であるか否かを判断する。3 R中継実施ノード特定部25は3 R区間情報保持部20に保持された3 R区間情報を参照し、光ノード装置14は着ノードなので下り光パスにおいては3 R中継を実施する必要はないが、上り光パスにおいては3 R発ノードとして3 R中継を実施する必要があると判断する。

その理由は、光ノード装置5は上り光パスにおいては3 R発ノードであるが、

光ノード装置 14 を 3 R 発ノードとし、光ノード装置 5 を 3 R 着ノードとした 3 R 区間が設定されていない。このような場合には光ノード装置 14 は「自己を経由する光パス上の 3 R 発ノードを有する 3 R 区間のいずれにも自己が属していないときには、自己を 3 R 発ノードとし自己の次ホップ先の光ノード装置を 3 R 着ノードとして自己が 3 R 中継を実施する光ノード装置であると判断する」という判断ポリシーに基づき 3 R 発ノードとなる必要があるからである。

このようにして、発ノードである光ノード装置 1 が光ノード装置 1 から 14 までの光パスにおける 3 R 中継を実施する光ノード装置を特定する。さらに、光ノード装置 1 は、自己が特定した 3 R 中継を実施する光ノード装置 3 に対して 3 R 中継実施要求部 26 から下りおよび上り光パスの 3 R 中継実施要求として  $DE \times TR$  (Downstream Explicit Three R) = 3、 $UE \times TR$  (Upstream Explicit Three R) = 4, 5, 14 をそれぞれ出力する。

3 R 中継を実施する光ノード装置が特定できたら、図 17 に示すように、光ノード装置 1 の光パス設定部 22 は、光パス設定のためのシグナリング手順を実行する。すなわち、光ノード装置 1 は、光パス設定および 3 R 中継のためのリソースを確保し、光ノード装置 2 に対して光パス設定要求 (Path) を送出する。この際に、光パス設定要求には  $DE \times TR = 3$ 、 $UE \times TR = 4, 5, 14$  をそれぞれ搭載する。

光ノード装置 1 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 2 は、 $DE \times TR = 3$ 、 $UE \times TR = 4, 5, 14$  を参照し、自己が 3 R 中継を実施する光ノード装置ではないことを認識し、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置 3 に対して光パス設定要求 (Path) を送出する。この際に、光ノード装置 1 から届いた  $DE \times TR = 3$ 、 $UE \times TR = 4, 5, 14$  をそのまま搭載する。

光ノード装置 2 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 3 は、 $DE \times TR = 3$ 、 $UE \times TR = 4, 5, 14$  を参照し、自己が下り光パスにおいて 3 R 中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および 3 R 中継のためのリソースを確保し、光ノード装置 4 に対して光パス設定要求 (Path) を送出する。この際、 $DE \times TR = 3$  は光ノード装置 3 が 3 R 中継

を実施することを認識した後に消去されるので光パス設定要求にはUE x TR = 4, 5, 14が搭載される。

光ノード装置3からの光パス設定要求(P a t h)を受け取った光ノード装置4は、UE x TR = 4, 5, 14を参照し、自己が上り光パスにおいて3 R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3 R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置5に対して光パス設定要求(P a t h)を送出する。この際、UE x TR = 4は光ノード装置4が3 R中継を実施することを認識した後に消去されるので光パス設定要求にはUE x TR = 5, 14が搭載される。

光ノード装置4からの光パス設定要求(P a t h)を受け取った光ノード装置5は、UE x TR = 5, 14を参照し、自己が上り光パスにおいて3 R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3 R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置14に対して光パス設定要求(P a t h)を送出する。この際、UE x TR = 5は光ノード装置5が3 R中継を実施することを認識した後に消去されるので光パス設定要求にはUE x TR = 14が搭載される。

光ノード装置5からの光パス設定要求(P a t h)を受け取った光ノード装置14は、UE x TR = 14を参照し、自己が上り光パスにおいて3 R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3 R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置5に対して光パス設定完了通知(R e s v)を送出する。光パス設定完了通知(R e s v)は、光ノード装置5→4→3→2→1と伝達されて光パス設定が完了する。

このように、発ノードとなる光ノード装置が着ノードまでの双方向光パス上で3 R中継を実施する光ノード装置を特定するので、当該双方向光パス上の他光ノード装置は、単に、発ノードからの指示にしたがえばよく、計算負荷を軽減することができる。また、発ノードとなる光ノード装置以外の光ノード装置は、3 R区間情報を保持しなくてもよく、情報記憶リソースを有効利用できる。

次に、第4実施例の光ノード装置の動作の他の例を説明する。ここでは、図18に示すように、光ノード装置1から14までの双方向光パス(二重線部分)が設定される例を説明する。発ノードに相当する光ノード装置1の3 R中継実施ノ

ード特定部25は、光ノード装置1が光ネットワークのトポロジのいずれの部分かを知るために、3R区間情報保持部20を参照する。この結果、光ノード装置1がこれから設定しようとする双方向光パスの発ノードであり、かつ、下り光パスの3R発ノードであることを認識し、光ノード装置1が下り光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。

さらに、3R中継実施ノード特定部25は、3R区間情報保持部20を参照し、光ノード装置1がこれから設定しようとする上り光パスの3R着ノードであることを認識し、光ノード装置1は上り光パスにおいては3R中継を実施しないと判断する。

また、3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置10が上りまたは下り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを判断する。3R中継実施ノード特定部25は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、上りまたは下り光パスにおいて光ノード装置10は3R発ノードでなく、下り光パスにおいては光ノード装置1が3R発ノードとなれば光ノード装置11までが3R区間であることがわかるので光ノード装置10は3R中継を実施しないと判断する。また、上り光パスにおいては光ノード装置1が3R着ノードであり、3R区間情報によれば、光ノード装置12が光ノード装置1を3R着ノードとする3R発ノードであることがわかるので、光ノード装置10は上り光パスにおいても3R中継を実施しないと判断する。

また、3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置11が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを判断する。3R中継実施ノード特定部25は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置11は、下り光パスにおいて光ノード装置11から13までの3R区間における3R発ノードなので3R中継を実施すると判断する。さらに、光ノード装置11は、上り光パスにおいては、3R発ノードではなく、また、光ノード装置1を3R着ノードとすれば、光ノード装置12が3R発ノードであることがわかるので、上り光パスにおいては3R中継を実施しないと判断する。

また、3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置12は下り光パスにおいて3R発ノードでも3R着ノードでもなく、また、光ノード装置11が下り光

パスにおける3R発ノードであれば光ノード装置13までが3R区間であることがわかるので光ノード装置12は3R中継を実施する必要はないと判断する。さらに、光ノード装置12は上り光パスにおいて光ノード装置1を3R着ノードとする3R発ノードであることがわかるので、上り光パスにおいて3R中継を実施すると判断する。

また、3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置13は下り光パスの3R発ノードでなく、また、光ノード装置11が3R発ノードであれば光ノード装置13は3R着ノードであることがわかる。ここで「一つの光ノード装置が3R着ノードに相当する光ノード装置であり、着ノードではないときには、前記一つの光ノード装置を3R発ノードとし次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとして前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定する」という判断ポリシーに基づき判断を行い、光ノード装置13が3R中継を実施すると判断する。さらに、上り光パスにおいては、光ノード装置14と光ノード装置12との間が3R区間であることがわかるので、光ノード装置13は3R中継を実施しないと判断する。

また、3R中継実施ノード特定部25は、光ノード装置14は着ノードなので下り光パスにおいては3R中継を実施する必要はないが、上り光パスにおいては、光ノード装置14を3R発ノードとし、光ノード装置12を3R着ノードとして3R中継を実施する必要があると判断する。

このようにして、発ノードである光ノード装置1が光ノード装置1から14までの光パスにおける3R中継を実施する光ノード装置を特定する。さらに、光ノード装置1は、自己が特定した3R中継を実施する光ノード装置3に対して3R中継実施要求部26から下りおよび上り光パスの3R中継実施要求として $DE \times TR = 11, 13$ 、 $UE \times TR = 12, 14$ をそれぞれ出力する。

3R中継を実施する光ノード装置が特定できたら、図20に示すように、光ノード装置1の光パス設定部22は、光パス設定のためのシグナリング手順を実行する。すなわち、光ノード装置1は、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置10に対して光パス設定要求(P a t h)を送出する。この際に、光パス設定要求には $DE \times TR = 11, 13$ 、 $UE \times TR = 12$ ,



14をそれぞれ搭載する。

光ノード装置1からの光パス設定要求(P a t h)を受け取った光ノード装置10は、D E x T R=11, 13、U E x T R=12, 14を参照し、自己が3R中継を実施する光ノード装置ではないことを認識し、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置11に対して光パス設定要求(P a t h)を送出する。この際に、光ノード装置1から届いたD E x T R=11, 13、U E x T R=12, 14をそのまま搭載する。

光ノード装置10からの光パス設定要求(P a t h)を受け取った光ノード装置11は、D E x T R=11, 13、U E x T R=12, 14を参照し、自己が下り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置12に対して光パス設定要求(P a t h)を送出する。この際、D E x T R=11は光ノード装置3が3R中継を実施することを認識した後に消去されるので光パス設定要求にはD E x T R=13およびU E x T R=12, 14が搭載される。

光ノード装置11からの光パス設定要求(P a t h)を受け取った光ノード装置12は、D E x T R=13およびU E x T R=12, 14を参照し、自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置13に対して光パス設定要求(P a t h)を送出する。この際、U E x T R=12は光ノード装置12が3R中継を実施することを認識した後に消去されるので光パス設定要求にはD E x T R=13およびU E x T R=14が搭載される。

光ノード装置12からの光パス設定要求(P a t h)を受け取った光ノード装置13は、D E x T R=13およびU E x T R=14を参照し、自己が下り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置14に対して光パス設定要求(P a t h)を送出する。この際、D E x T R=13は光ノード装置13が3R中継を実施することを認識した後に消去されるので光パス設定要求にはU E x T R=14が搭載される。

光ノード装置13からの光パス設定要求(P a t h)を受け取った光ノード装

置 14 は、 $UE \times TR = 14$  を参照し、自己が上り光パスにおいて 3 R 中継を実施する光ノード装置であることを認識し、光パス設定および 3 R 中継のためのリソースを確保し、光ノード装置 13 に対して光パス設定完了通知 (Resv) を送出する。光パス設定完了通知 (Resv) は、光ノード装置 13 → 12 → 11 → 10 → 1 と伝達されて光パス設定が完了する。

このように、発ノードとなる光ノード装置が着ノードまでの双方向光パス上で 3 R 中継を実施する光ノード装置を特定するので、当該双方向光パス上の他光ノード装置は、単に、発ノードからの指示にしたがえばよく、計算負荷を軽減することができる。また、発ノードとなる光ノード装置以外の光ノード装置は、3 R 区間情報を保持しなくてもよく、情報記憶リソースを有効利用できる。

#### (第 5 実施例)

第 5 実施例の光ノード装置を図 3、図 4、図 5、図 9、図 21 ~ 図 26 を参照して説明する。図 21、図 22、図 24、図 25 は第 5 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報を示す図である。図 23、図 26 は第 5 実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

第 5 実施例の光ノード装置は、図 4 に示すように、自己を 3 R 発ノードとする 3 R 区間情報を保持する 3 R 区間情報保持部 20 と、光パス設定要求に含まれる自己が 3 R 着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには 3 R 区間情報保持部 20 を参照し自己が当該光パス上の 3 R 発ノードであるときには 3 R 中継を実施する光ノード装置であると判断する 3 R 中継実施判断部 21 とを備えたことを特徴とする。また、光パス設定部 22 は、自己を 3 R 発ノードとする光パス上の 3 R 区間の 3 R 着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が 3 R 着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する。

なお、3 R 中継実施判断部 21 は、光パス設定要求に含まれる自己が 3 R 着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには 3 R 区間情報保持部 20 を参照し自己が当該光パス上の 3 R 発ノードでないときには自己を次ホップ先の光ノード装置を 3 R 着ノードとした 3 R 発ノードとして 3 R 中継を実施する光ノード装置であると判断する。また、光パス設定部 22 は、当該

次ホップ先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が3 R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する。

第5実施例では、3 R発ノードに相当する光ノード装置が当該3 R発ノードに関する3 R区間情報を保持する。その他の3 R区間情報を保持しないので、情報記憶リソースを有効利用することができる。

次に、第5実施例の光ノード装置の動作を説明する。ここでは、図5に示すように、光ノード装置1から14までの光パス（二重線部分）が設定される例を説明する。3 R発ノードに相当する光ノード装置1の3 R中継実施判断部21は、光ノード装置1を発ノードとした光パス設定要求が発行されたことを認識し、光ノード装置1が光パスにおいて3 R中継を実施すると判断する。また、3 R区間情報保持部20には、図21に示す3 R区間情報を保持しており、これにより光ノード装置1を3 R発ノードとした場合の3 R着ノードが光ノード装置4であることを認識する。

3 R中継実施判断部21の認識結果を通知された光パス設定部22では、図23に示すように、光ノード装置1が3 R発ノードであることを示すメッセージとしてD I T R=1を生成し、また、光ノード装置4が3 R着ノードであることを示すメッセージとしてD E T R=4を生成する。光パス設定部22は、光パス設定および3 R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置2への光パス設定要求（P a t h）を送出する際に、D I T R=1、D E T R=4を搭載する。

光ノード装置1からの光パス設定要求（P a t h）を受け取った光ノード装置2の3 R中継実施判断部21は、D I T R=1、D E T R=4を参照し、自己が3 R中継を実施する光ノード装置ではないことを認識する。光ノード装置2の光パス設定部22は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置3への光パス設定要求（P a t h）を送出する際に、光ノード装置1からのD I T R=1、D E T R=4をそのまま搭載する。

光ノード装置2からの光パス設定要求（P a t h）を受け取った光ノード装置3の3 R中継実施判断部21は、D I T R=1、D E T R=4を参照し、さらに、光ノード装置3は、3 R発ノードであるので、3 R区間情報保持部20には、図22に示す3 R区間情報が保持されており、当該3 R区間情報を参照する。光

パス設定要求に含まれるメッセージでは $DET R=4$ であり、光ノード装置4が3R着ノードに指定されているが、3R中継実施判断部21は、光ノード装置3が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを判断する。

3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を参照し、光ノード装置3は、光ノード装置3から14までの3R区間における3R発ノードなので3R中継を実施してもよいし、あるいは、光ノード装置1から光ノード装置4までの3R区間においては3R発ノードではないので3R中継を実施せず3R着ノードである光ノード装置4に光信号をそのまま透過させてもよいことを認識する。

このような場合には、3R中継実施判断部21は、3R実施シミュレート部23および比較部24を用いて、光ノード装置3から14までの光パスに関し、光ノード装置3が3R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3R実施回数を比較する。以下の説明は第1実施例と同様である。

このような3R実施シミュレート部23のシミュレーション結果は比較部24に入力される。比較部24では、光ノード装置3が3R中継を実施した方が実施しない場合と比較して3R実施回数を少なくできることがわかるので、その旨を比較結果として出力する。3R中継実施判断部21では、比較結果として、3R実施回数の少ない方を選択する。したがって、光ノード装置3は3R中継を実施すると判断する。

これを受けて光パス設定部22は、光パス設定および3R中継のためのリソースを確保し、光ノード装置4への光パス設定要求(P a t h)を送出する際に、図23に示すように、光ノード装置3が3R発ノードであり、光ノード装置14が3R着ノードであることを示すメッセージとして $D I T R=3$ 、 $DET R=14$ を搭載する。

光ノード装置3からの光パス設定要求(P a t h)を受け取った光ノード装置4の3R中継実施判断部21は、 $D I T R=3$ 、 $DET R=14$ を参照し、自己が3R中継を実施する光ノード装置ではないことを認識する。光ノード装置4の光パス設定部22は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置5への光パス設定要求(P a t h)を送出する際に、光ノード装置3からの $D I T R$

= 3、DETR = 14をそのまま搭載する。

光ノード装置4からの光パス設定要求(P a t h)を受け取った光ノード装置5の3 R中継実施判断部21は、D I T R = 3、DETR = 14を参照し、自己が3 R中継を実施する光ノード装置ではないことを認識する。光ノード装置5の光パス設定部22は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置14への光パス設定要求(P a t h)を送出する際に、光ノード装置4からのD I T R = 3、DETR = 14をそのまま搭載する。

光ノード装置5からの光パス設定要求(P a t h)を受け取った光ノード装置14の3 R中継実施判断部21は、D I T R = 3、DETR = 14を参照し、自己が3 R着ノードであることを認識する。さらに「自己が光パスにおける3 R着ノードに相当する光ノード装置であり、着ノードではないときには、自己を3 R発ノードとし次ホップ先の光ノード装置を3 R着ノードとして当該次ホップ先の光ノード装置に対して3 R中継の実施を要求する」という判断ポリシーに基づき自己が3 R中継を実施するか否か判断するが、光パス設定要求を参照し、自己が着ノードであることを認識して3 R中継を実施する必要がないと判断する。

光ノード装置14の光パス設定部22は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置5への光パス設定完了通知(R e s v)を送出する。光パス設定完了通知(R e s v)は光ノード装置5→4→3→2→1と伝達されて光パスの設定が完了する。

次に、第5実施例の光ノード装置の動作を他の例で説明する。ここでは、図9に示すように、光ノード装置1から14までの光パス(二重線部分)が設定される例を説明する。3 R発ノードに相当する光ノード装置1の3 R中継実施判断部21は、光ノード装置1を発ノードとした光パス設定要求が発行されたことを認識し、光ノード装置1が光パスにおいて3 R中継を実施すると判断する。また、3 R区間情報保持部20には、図21に示す3 R区間情報を保持しており、これにより光ノード装置1を3 R発ノードとした場合の3 R着ノードが光ノード装置11であることを認識する。

3 R中継実施判断部21の認識結果を通知された光パス設定部22では、光ノード装置1が3 R発ノードであることを示すメッセージとしてD I T R = 1を生

成し、また、光ノード装置 11 が 3R 着ノードであることを示すメッセージとして  $DETR=11$  を生成する。光パス設定部 22 は、光パス設定および 3R 中継のためのリソースを確保し、光ノード装置 10 への光パス設定要求 (Path) を送出する際に、図 26 に示すように、 $DITR=1$ 、 $DETR=11$  を搭載する。

光ノード装置 1 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 10 は、 $DITR=1$ 、 $DETR=11$  を参照し、自己が 3R 中継を実施する光ノード装置ではないことを認識する。光ノード装置 10 の光パス設定部 22 は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置 11 への光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 1 からの  $DITR=1$ 、 $DETR=11$  をそのまま搭載する。

光ノード装置 10 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 11 の 3R 中継実施判断部 21 は、 $DITR=1$ 、 $DETR=11$  を参照し、さらに、光ノード装置 11 は、3R 発ノードであるので、3R 区間情報保持部 20 には、図 24 に示す 3R 区間情報が保持されており、当該 3R 区間情報を参照する。これにより、自己が 3R 着ノードであると共に光ノード装置 13 を 3R 着ノードとする 3R 区間の 3R 発ノードであることを認識する。

この認識結果を受けた光パス設定部 22 は、自己が 3R 発ノードであることを示すメッセージとして  $DITR=11$ 、光ノード装置 13 が 3R 着ノードであることを示すメッセージとして  $DETR=13$  を生成する。

光ノード装置 11 の光パス設定部 22 は、光パス設定および 3R 中継のためのリソースを確保し、光ノード装置 12 への光パス設定要求 (Path) を送出する際に、 $DITR=11$ 、 $DETR=13$  を搭載する。

光ノード装置 11 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 12 の 3R 中継実施判断部 21 は、 $DITR=11$ 、 $DETR=13$  を参照し、自己が 3R 中継を実施する光ノード装置ではないことを認識する。光ノード装置 12 の光パス設定部 22 は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置 13 への光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 11 からの  $DITR=11$ 、 $DETR=13$  をそのまま搭載する。

光ノード装置 12 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 13 の 3R 中継実施判断部 21 は、D I T R = 11、D E T R = 13 を参照し、さらに、光ノード装置 13 は、3R 発ノードであるので、3R 区間情報保持部 20 には、図 25 に示す 3R 区間情報が保持されており、当該 3R 区間情報を参照する。これにより、自己が 3R 着ノードであると共に光ノード装置 14 を 3R 着ノードとする 3R 区間の 3R 発ノードであることを認識する。

この認識結果を受けた光パス設定部 22 は、自己が 3R 発ノードであることを示すメッセージとして D I T R = 13、光ノード装置 14 が 3R 着ノードであることを示すメッセージとして D E T R = 14 を生成する。

光ノード装置 13 の光パス設定部 22 は、光パス設定および 3R 中継のためのリソースを確保し、光ノード装置 14 への光パス設定要求 (Path) を送出する際に、D I T R = 13、D E T R = 14 を搭載する。

光ノード装置 13 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 14 の 3R 中継実施判断部 21 は、D I T R = 13、D E T R = 14 を参照し、自己が 3R 着ノードであることを認識する。さらに「自己が光パスにおける 3R 着ノードに相当する光ノード装置であり、着ノードではないときには、自己を 3R 発ノードとし次ホップ先の光ノード装置を 3R 着ノードとして当該次ホップ先の光ノード装置に対して 3R 中継の実施を要求する」という判断ポリシーに基づき判断を行い、自己が着ノードであることから 3R 中継を実施する必要がないと判断する。

光ノード装置 14 の光パス設定部 22 は、光パス設定のためのリソースを確保し、光ノード装置 13 への光パス設定完了通知 (Resv) を送出する。光パス設定完了通知 (Resv) は光ノード装置 13 → 12 → 11 → 10 → 1 と伝達されて光パスの設定が完了する。

#### (第 6 実施例)

第 6 実施例の光ノード装置を図 4、図 14、図 15、図 27 ~ 図 36 を参照して説明する。図 27 ~ 図 30、図 32 ~ 図 35 は第 6 実施例の光ノード装置における 3R 区間情報を示す図である。図 31、図 36 は第 6 実施例における光パス設定の際のシグナリング手順を示す図である。

第6実施例の光ノード装置は、図4に示すように、自己を3R発ノードおよび3R着ノードとする3R区間情報を保持する3R区間情報保持部20と、光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには3R区間情報保持部20を参照し自己が当該下り光パス上の3R発ノードであるときには3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己を3R発ノードとする下り光パス上の3R区間の3R着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する光パス設定部22を備える。

また、光パス設定部22は、光パス設定要求に含まれる自己が上り光パスにおける3R発ノードであることを示すメッセージを受けて自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには3R区間情報保持部20を参照し自己が当該上り光パス上の3R着ノードであるときには自己を3R着ノードとする上り光パス上の3R発ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R発ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する。

さらに、光パス設定部22は、光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには3R区間情報保持部20を参照し自己が当該下り光パス上の3R発ノードでないときには自己を下り光パス上の次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードとして3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に当該次ホップ先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が自己の3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを生成する。

また、光パス設定部22は、光パス設定要求に含まれる自己が上り光パスにおける3R発ノードであることを示すメッセージを受けて自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには3R区間情報保持部20を参照し自己が当該上り光パス上の3R着ノードでないときには上り光パス上の前ホップ元の光ノード装置が自己を3R着ノードとした3R発ノードであることを当該前ホップ元の光ノード装置に伝達する



ためのメッセージを生成する。

第6実施例では、3 R発ノードまたは3 R着ノードに相当する光ノード装置が自己に関わる3 R区間情報保持する。その他の3 R区間情報を保持しないので、情報記憶リソースを有効利用することができる。

次に、第6実施例の光ノード装置の動作を説明する。ここでは、図15に示すように、光ノード装置1から14までの双方向光パス（二重線部分）が設定される例を説明する。光ノード装置1の3 R中継実施判断部21は、光ノード装置1を発ノードとした双方向の光パス設定要求が発行されたことを認識し、光ノード装置1が下り光パスにおいて3 R中継を実施すると判断する。また、3 R区間情報保持部20には、図27に示す3 R区間情報を保持しており、これにより下り光パスでは光ノード装置1を3 R発ノードとした場合の3 R着ノードが光ノード装置4であることを認識する。また、上り光パスでは、光ノード装置4を3 R発ノードとした場合に光ノード装置1が3 R着ノードであることを認識する。

光ノード装置1の光パス設定部22は、3 R中継実施判断部21の判断を受けて下り光パス設定のためのリソースを確保し、図31に示すように、光ノード装置2に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置1が下り光パスにおいて3 R発ノードであり、また、この3 R区間の3 R着ノードは光ノード装置4であることを示すD I T R=1、D E T R=4というメッセージを光パス設定要求（Path）に搭載する。

さらに、3 R中継実施判断部21は、3 R区間情報保持部20を参照し、光ノード装置1がこれから設定しようとする上り光パスの3 R着ノードであることを認識し、光ノード装置1は上り光パスにおいては3 R中継を実施しないと判断する。光ノード装置1の光パス設定部22は、3 R中継実施判断部21の判断を受けて上り光パス設定のためのリソースを確保し、図31に示すように、光ノード装置2に対する光パス設定要求（Path）を送出する際に、光ノード装置1が上り光パスにおける3 R着ノードであり、また、この3 R区間の3 R発ノードは光ノード装置4であることを示すU E T R=1、U I T R=4というメッセージを光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置1からの光パス設定要求（Path）を受け取った光ノード装置

2の光パス設定部22は、光ノード装置2が上りまたは下り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置2は、3R発ノードまたは3R着ノードではないので、3R区間情報保持部20は3R区間情報を保持していない。したがって、光ノード装置2は3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置2の光パス設定部22は、3R中継実施判断部21の判断を受けて下りおよび上り光パス設定のためのリソースを確保し、図31に示すように、光ノード装置3に対する光パス設定要求(P a t h)を送出する際に、光ノード装置2は3R中継を実施しないので、光ノード装置1からのD I T R=1、D E T R=4、U E T R=1、U I T R=4をそのまま光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置2からの光パス設定要求(P a t h)を受け取った光ノード装置3の光パス設定部22は、光ノード装置3が3R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置3の3R中継実施判断部21は3R区間情報保持部20に保持された図28に示す3R区間情報を参照し、光ノード装置3は、下り光パスにおいて光ノード装置3から14までの3R区間における3R発ノードなので3R中継を実施してもよいが、D I T R=1、D E T R=4により、下り光パスにおいて光ノード装置1から光ノード装置4までの3R区間が存在し、この3R区間においては光ノード装置3は3R発ノードではないので3R中継を実施せず3R着ノードである光ノード装置4に光信号をそのまま透過させてもよいことを認識する。

このような場合には、光ノード装置3の3R中継実施判断部21は、3R実施シミュレート部23および比較部24を用いて、光ノード装置3から14までの下り光パスに関し、光ノード装置3が3R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3R実施回数を比較する。以下の説明は第1実施例と同様である。

このような3R実施シミュレート部23のシミュレーション結果は比較部24に入力される。比較部24では、光ノード装置3が下り光パスにおいて3R中継を実施した方が実施しない場合と比較して3R実施回数を少なくできることがわかるので、その旨を比較結果として出力する。3R中継実施判断部21では、比

較結果として、3 R実施回数の少ない方を選択する。したがって、光ノード装置3は下り光パスにおいて3 R中継を実施すると判断する。

さらに、3 R中継実施判断部21は、光ノード装置3は、上り光パスにおいては、3 R発ノードではなく、また、光ノード装置2から $UETR=1$ 、 $UITR=4$ が届いており、光ノード装置1を3 R着ノードとし、光ノード装置4を3 R発ノードである3 R区間が存在することがわかるので、上り光パスにおいては3 R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置3の光パス設定部22は、3 R中継実施判断部21の判断を受けて光パス設定および3 R中継のためのリソースを確保し、図31に示すように、光ノード装置4に対する光パス設定要求(P a t h)を送出する際に、光ノード装置3が下り光パスにおいて3 R発ノードであり、また、この3 R区間の3 R着ノードは光ノード装置14であることを示す $D I T R=3$ 、 $DETR=14$ というメッセージを光パス設定要求に搭載する。また、光ノード装置3は上り光パスにおいては3 R中継を実施しないので光ノード装置2から届いた $UETR=1$ 、 $UITR=4$ をそのまま光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置3からの光パス設定要求(P a t h)を受け取った光ノード装置4の光パス設定部22は、光ノード装置4が3 R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3 R中継実施判断部21に問い合わせる。光ノード装置4の3 R中継実施判断部21は3 R区間情報保持部20に保持された図29に示す3 R区間情報を参照し、光ノード装置4は下り光パスにおいて3 R着ノードであり、また、光ノード装置3から $D I T R=3$ 、 $DETR=14$ が届いており、光ノード装置3が下り光パスにおける3 R発ノードであれば光ノード装置14までが3 R区間であることがわかるので光ノード装置4は3 R中継を実施する必要はないと判断する。

さらに、3 R中継実施判断部21は、3 R区間情報保持部20に保持された3 R区間情報を参照し、また、光ノード装置3から $UETR=1$ 、 $UITR=4$ が届いていることから、光ノード装置4は上り光パスにおいて光ノード装置1を3 R着ノードとする3 R発ノードであることがわかるので、上り光パスにおいて3 R中継を実施すると判断する。

光ノード装置 4 の光パス設定部 22 は、3 R 中継実施判断部 21 の判断を受けて光パス設定および 3 R 中継のためのリソースを確保し、図 31 に示すように、光ノード装置 5 に対する光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 4 は下り光パスにおいて 3 R 中継を実施しないので、光ノード装置 3 からの  $D I T R = 3$ 、 $D E T R = 14$  をそのまま光パス設定要求に搭載する。

また、光ノード装置 4 は上り光パスにおいて 3 R 発ノードであることを認識したが、3 R 区間情報保持部 20 を参照することにより、自己が当該上り光パス上の 3 R 着ノードでないことも認識した。このようなときには上り光パス上の前ホップ元の光ノード装置 5 が自己を 3 R 着ノードとした 3 R 発ノードとなる必要がある。したがって、これを光ノード装置 5 に伝達するために、 $U E T R = 4$ 、 $U I T R = 5$  を光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 4 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 5 の光パス設定部 22 は、光ノード装置 5 が 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを 3 R 中継実施判断部 21 に問い合わせる。光ノード装置 5 の 3 R 中継実施判断部 21 は 3 R 区間情報保持部 20 に保持された図 30 に示す 3 R 区間情報を参照し、光ノード装置 5 は下り光パスの 3 R 発ノードでなく、また、光ノード装置 4 から  $D I T R = 3$ 、 $D E T R = 14$  が届いており、光ノード装置 3 が 3 R 発ノードであれば光ノード装置 14 まだが 3 R 区間であることがわかるので光ノード装置 5 は 3 R 中継を実施しないと判断する。また、3 R 中継実施判断部 21 は、光ノード装置 4 から  $U E T R = 4$ 、 $U I T R = 5$  が届いており、また、3 R 区間情報保持部 20 を参照し、光ノード装置 5 は上り光パスの 3 R 発ノードであることを認識し、上り光パスにおける 3 R 中継を実施すると判断する。

光ノード装置 5 の光パス設定部 22 は、3 R 中継実施判断部 21 の判断を受けて光パス設定および 3 R 中継のためのリソースを確保し、図 31 に示すように、光ノード装置 14 に対する光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 5 は下り光パスにおいては 3 R 中継を実施しないので、光ノード装置 4 からの  $D I T R = 3$ 、 $D E T R = 14$  をそのまま光パス設定要求に搭載する。

また、光ノード装置 5 は上り光パスにおいては 3 R 発ノードであるが、光ノード装置 14 を 3 R 発ノードとし、光ノード装置 5 を 3 R 着ノードとした 3 R 区間

が設定されていない。このような場合には光ノード装置 14 は「自己を経由する光パス上の 3 R 発ノードを有する 3 R 区間のいずれにも自己が属していないときには、自己を 3 R 発ノードとし自己の次ホップ先の光ノード装置を 3 R 着ノードとして自己が 3 R 中継を実施する光ノード装置であると判断する」という判断ポリシーに基づき 3 R 発ノードとなる必要がある。そこで、光ノード装置 5 が 3 R 着ノードであり、この 3 R 区間の 3 R 発ノードが光ノード装置 14 であることを示す  $UETR=5$ 、 $UITR=14$  を光パス要求に搭載する。

光ノード装置 5 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 14 の光パス設定部 22 は、光ノード装置 14 が 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを 3 R 中継実施判断部 21 に問い合わせる。光ノード装置 14 の 3 R 中継実施判断部 21 は 3 R 区間情報保持部 20 に保持された図 35 に示す 3 R 区間情報を参照し、光ノード装置 14 は着ノードなので下り光パスにおいては 3 R 中継を実施する必要はないが、上り光パスにおいては、光ノード装置 5 から  $UETR=5$ 、 $UITR=14$  が届いており、光ノード装置 14 を 3 R 発ノードとし、光ノード装置 5 を 3 R 着ノードとして 3 R 中継を実施する必要があると判断する。

光ノード装置 14 の光パス設定部 22 は、3 R 中継実施判断部 21 の判断を受けて光パス設定および 3 R 中継のためのリソースを確保し、図 31 に示すように、光ノード装置 5 に対して光パス設定完了通知 (Resv) を送出する。

この光パス設定完了通知 (Resv) は、光ノード装置  $5 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$  と伝達され、光パスの設定が完了する。このようにして、各光ノード装置 1、2、3、4、5、14 が光パス設定のシグナリング手順を実行する過程で自律的に自己が 3 R 中継を実施するか否かを判断することができる。

次に、第 6 実施例の光ノード装置の動作の他の例を説明する。ここでは、図 18 に示すように、光ノード装置 1 から 14 までの双方向光パス (二重線部分) が設定される例を説明する。光ノード装置 1 の 3 R 中継実施判断部 21 は、光ノード装置 1 を発ノードとした双方向の光パス設定要求が発行されたことを認識し、光ノード装置 1 が下り光パスにおいて 3 R 中継を実施すると判断する。また、3 R 区間情報保持部 20 には、図 27 に示す 3 R 区間情報を保持しており、これに

より下り光パスでは光ノード装置 1 を 3 R 発ノードとした場合の 3 R 着ノードが光ノード装置 1 1 であることを認識する。また、上り光パスでは、光ノード装置 1 2 を 3 R 発ノードとした場合に光ノード装置 1 が 3 R 着ノードであることを認識する。

光ノード装置 1 の光パス設定部 2 2 は、3 R 中継実施判断部 2 1 の判断を受けて下り光パス設定のためのリソースを確保し、図 3 6 に示すように、光ノード装置 1 0 に対する光パス設定要求 (P a t h) を送出する際に、光ノード装置 1 が下り光パスにおいて 3 R 発ノードであり、この 3 R 区間の 3 R 着ノードは光ノード装置 1 1 であることを示す D I T R = 1、D E T R = 1 1 というメッセージを光パス設定要求 (P a t h) に搭載する。

さらに、3 R 中継実施判断部 2 1 は、3 R 区間情報保持部 2 0 を参照し、光ノード装置 1 がこれから設定しようとする上り光パスの 3 R 着ノードであることを認識し、光ノード装置 1 は上り光パスにおいては 3 R 中継を実施しないと判断する。

光ノード装置 1 の光パス設定部 2 2 は、3 R 中継実施判断部 2 1 の判断を受けて上り光パス設定および 3 R 中継のためのリソースを確保し、図 3 6 に示すように、光ノード装置 1 0 に対する光パス設定要求 (P a t h) を送出する際に、光ノード装置 1 が上り光パスにおける 3 R 着ノードであり、この 3 R 区間の 3 R 発ノードが光ノード装置 1 2 であることを示す U E T R = 1、U I T R = 1 2 というメッセージを光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 1 からの光パス設定要求 (P a t h) を受け取った光ノード装置 1 0 の光パス設定部 2 2 は、光ノード装置 1 0 が上りまたは下り光パスにおいて 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを 3 R 中継実施判断部 2 1 に問い合わせる。光ノード装置 1 0 は、3 R 発ノードでも 3 R 着ノードでもなく、3 R 区間情報保持部 2 0 に 3 R 区間情報を保持していない。したがって、光ノード装置 1 0 は上り下りのいずれの光パスでも 3 R 中継を実施しないと判断する。

光ノード装置 1 0 の光パス設定部 2 2 は、3 R 中継実施判断部 2 1 の判断を受けて下りおよび上り光パス設定のためのリソースを確保し、図 3 6 に示すように、光ノード装置 1 1 に対する光パス設定要求 (P a t h) を送出する際に、光ノ

ード装置 10 は 3 R 中継を実施しないので、光ノード装置 1 からの  $D I T R = 1$ 、 $D E T R = 11$ 、 $U E T R = 1$ 、 $U I T R = 12$  をそのまま光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 10 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 11 の光パス設定部 22 は、光ノード装置 11 が 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを 3 R 中継実施判断部 21 に問い合わせる。光ノード装置 11 の 3 R 中継実施判断部 21 は 3 R 区間情報保持部 20 に保持された図 32 に示す 3 R 区間情報を参照し、光ノード装置 11 は、下り光パスにおいて光ノード装置 11 から 13 までの 3 R 区間における 3 R 発ノードなので 3 R 中継を実施すると判断する。

さらに、3 R 中継実施判断部 21 は、光ノード装置 11 は、上り光パスにおいては、3 R 発ノードではなく、また、光ノード装置 10 から  $U E T R = 1$ 、 $U I T R = 12$  が届いており、光ノード装置 1 を 3 R 着ノードとすれば、光ノード装置 12 が 3 R 発ノードであることがわかるので、上り光パスにおいては 3 R 中継を実施しないと判断する。

光ノード装置 11 の光パス設定部 22 は、3 R 中継実施判断部 21 の判断を受けて光パス設定および 3 R 中継のためのリソースを確保し、図 36 に示すように、光ノード装置 12 に対する光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 11 が下り光パスにおいて 3 R 発ノードであり、この 3 R 区間の 3 R 着ノードは光ノード装置 13 であることを示す  $D I T R = 11$ 、 $D E T R = 13$  というメッセージを光パス設定要求に搭載する。また、光ノード装置 11 は上り光パスにおいては 3 R 中継を実施しないので光ノード装置 10 から届いた  $U E T R = 1$ 、 $U I T R = 12$  をそのまま光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 11 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 12 の光パス設定部 22 は、光ノード装置 12 が 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを 3 R 中継実施判断部 21 に問い合わせる。光ノード装置 12 の 3 R 中継実施判断部 21 は 3 R 区間情報保持部 20 に保持された図 33 に示す 3 R 区間情報を参照し、光ノード装置 12 は下り光パスにおいては 3 R 発ノードでも 3 R 着ノードでもなく、3 R 中継を実施する必要はないと判断する。

さらに、3 R中継実施判断部 2 1は、3 R区間情報保持部 2 0に保持された3 R区間情報を参照し、また、光ノード装置 1 1からUETR=1、UITR=1 2が届いていることから、光ノード装置 1 2は上り光パスにおいて光ノード装置 1を3 R着ノードとする3 R発ノードであることがわかるので、上り光パスにおいて3 R中継を実施すると判断する。

光ノード装置 1 2の光パス設定部 2 2は、3 R中継実施判断部 2 1の判断を受けて光パス設定および3 R中継のためのリソースを確保し、図 3 6に示すように、光ノード装置 1 3に対する光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 1 2は下り光パスにおいて3 R中継を実施しないので、光ノード装置 1 1からのDITR=1 1、DETR=1 3をそのまま光パス設定要求に搭載する。

また、光ノード装置 1 2は上り光パスにおいて3 R発ノードであると共に、光ノード装置 1 4を上り光パスの3 R発ノードとした場合の3 R着ノードでもある。したがって、UETR=1 2、UITR=1 4を光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 1 2からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 1 3の光パス設定部 2 2は、光ノード装置 1 3が3 R中継を実施する光ノード装置であるか否かを3 R中継実施判断部 2 1に問い合わせる。光ノード装置 1 3の3 R中継実施判断部 2 1は3 R区間情報保持部 2 0に保持された図 3 4に示す3 R区間情報を参照し、また、光ノード装置 1 2からDITR=1 1、DETR=1 3が届いており、光ノード装置 1 3は下り光パスの3 R着ノードであることがわかる。

ここで「光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける3 R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには3 R区間情報保持部 2 0を参照し自己が当該下り光パス上の3 R発ノードでないときには自己を下り光パス上の次ホップ先の光ノード装置を3 R着ノードとした3 R発ノードとして3 R中継を実施する光ノード装置であると判断する」という判断ポリシーに基づき判断を行い、光ノード装置 1 3が3 R中継を実施すると判断する。また、この場合には、光パス設定部 2 2は、次ホップ先の光ノード装置 1 4に対して当該光ノード装置 1 4が光ノード装置 1 3の3 R着ノードであることを伝達するためのメッセージとしてDETR=1 4を生成する。また、上り光パスにおいては



、光ノード装置 13 は、3 R 発ノードでも 3 R 着ノードでもなく、3 R 中継を実施しないと判断する。

光ノード装置 13 の光パス設定部 22 は、3 R 中継実施判断部 21 の判断を受けて光パス設定および 3 R 中継のためのリソースを確保し、図 36 に示すように、光ノード装置 14 に対する光パス設定要求 (Path) を送出する際に、光ノード装置 13 は下り光パスにおいては 3 R 発ノードであり、この 3 R 区間の 3 R 着ノードは光ノード装置 14 であることを示す  $D I T R = 13$ 、 $D E T R = 14$  を光パス設定要求に搭載する。また、光ノード装置 13 は上り光パスにおいては 3 R 中継を実施しないので光ノード装置 12 からの  $U E T R = 12$ 、 $U I T R = 14$  をそのまま光パス設定要求に搭載する。

光ノード装置 13 からの光パス設定要求 (Path) を受け取った光ノード装置 14 の光パス設定部 22 は、光ノード装置 14 が 3 R 中継を実施する光ノード装置であるか否かを 3 R 中継実施判断部 21 に問い合わせる。光ノード装置 14 の 3 R 中継実施判断部 21 は 3 R 区間情報保持部 20 に保持された図 35 に示す 3 R 区間情報を参照し、光ノード装置 14 は着ノードなので下り光パスにおいては 3 R 中継を実施する必要はないが、上り光パスにおいては、光ノード装置 13 から  $U E T R = 12$ 、 $D I T R = 14$  が届いており、光ノード装置 14 を 3 R 発ノードとし、光ノード装置 12 を 3 R 着ノードとして 3 R 中継を実施する必要があると判断する。

光ノード装置 14 の光パス設定部 22 は、3 R 中継実施判断部 21 の判断を受けて光パス設定および 3 R 中継のためのリソースを確保し、図 36 に示すように、光ノード装置 13 に対して光パス設定完了通知 (Resv) を送出する。

この光パス設定完了通知 (Resv) は、光ノード装置 13 → 12 → 11 → 10 → 1 と伝達され、光パスの設定が完了する。このようにして、各光ノード装置 1、10、11、12、13、14 が光パス設定のシグナリング手順を実行する過程で自律的に自己が 3 R 中継を実施するか否かを判断することができる。

#### (第 7 実施例)

第 7 実施例の網制御装置および光ノード装置を図 37 ないし図 40 を参照して説明する。図 37 は第 7 実施例の網制御装置と光ノード装置との関係を示す概念

図である。図38は第7実施例の網制御装置のブロック構成図である。図39は第7実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。図40は第7実施例の動作を示すシーケンス図である。

第7実施例の網制御装置40は、図37に示すように、各光ノード装置1～14のいずれとも相互に通信を行う機能を有し、光ネットワーク50を統括的に管理している。ここでは、網制御装置40の有する管理機能の中で、3R区間情報に関する管理機能について説明する。

すなわち、第7実施例の網制御装置40は、図38に示すように、光ネットワーク50のトポロジ情報に対応する3R区間情報を保持する3R区間情報データベース41と、光ノード装置からの要求に応じてこの3R区間情報データベース41に保持された3R区間情報を当該光ノード装置に提供する3R区間情報提供部43とを備えたことを特徴とする。

また、3R区間情報データベース41に保持されている3R区間情報は、3R区間情報収集部42により収集された3R区間情報であり、光ネットワーク50の3R区間情報が更新される度に、3R区間情報収集部42は、3R区間情報データベース41に保持された3R区間情報を更新する。

第7実施例の光ノード装置は、図39に示すように、自己が属する光ネットワーク50を管理する網制御装置40に対して当該光ネットワーク50のトポロジ情報に対応する3R区間情報の提供を要求して取得する3R区間情報要求部27を備えたことを特徴とする。

次に、第7実施例の動作を図40を参照して説明する。光ノード装置の3R区間情報要求部27は、自光ノード装置が必要とする3R区間情報を網制御装置40の3R区間情報提供部43に要求する（ステップ1）。ここで、自光ノード装置が必要とする3R区間情報とは、光ネットワーク50全体の3R区間情報であったり、あるいは、自光ノード装置を経由する光パスに関する3R区間情報であったり、あるいは、自光ノード装置が発ノードとなる光パスに関する3R区間情報であったり、あるいは、自光ノード装置が3R発ノードとなる3R区間に関する3R区間情報であったり、あるいは、自光ノード装置が3R発ノードまたは3R着ノードとなる3R区間に関する3R区間情報であったり、と様々であるが、

3 R区間情報要求部 27 は、自光ノード装置が必要とする 3 R区間情報を認識し、これを網制御装置 40 の 3 R区間情報提供部 43 に対して要求する。網制御装置 40 の 3 R区間情報提供部 43 は、要求された必要情報の検索を行う（ステップ 2）。

3 R区間情報提供部 43 は、3 R区間情報データベース 41 から 3 R区間情報の必要情報を抽出し（ステップ 3）、これを光ノード装置の 3 R区間情報要求部 27 に転送する（ステップ 4）。3 R区間情報要求部 27 は、網制御装置 40 から転送された 3 R区間情報を検査して確かに要求した必要情報であればこれを 3 R区間情報保持部 20 に保持する（ステップ 5）。

第 7 実施例の処理では、網制御装置 40 の 3 R区間情報提供部 43 による必要情報の検索および抽出に要する処理負荷が最も大きくなる。

#### （第 8 実施例）

第 8 実施例の網制御装置および光ノード装置を図 37、図 38、図 41、図 42 を参照して説明する。図 37 は第 8 実施例の網制御装置と光ノード装置との関係を示す概念図であり、第 7 実施例と共通である。図 38 は第 8 実施例の網制御装置のブロック構成図であり、第 7 実施例と共通である。図 41 は第 8 実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。図 42 は第 8 実施例の動作を示すシーケンス図である。

第 8 実施例の網制御装置 40 は、図 37 に示すように、各光ノード装置 1 ～ 14 のいずれとも相互に通信を行う機能を有し、光ネットワーク 50 を統括的に管理している。ここでは、網制御装置 40 の有する管理機能の中で、3 R区間情報に関する管理機能について説明する。

すなわち、第 8 実施例の網制御装置 40 は、図 38 に示すように、光ネットワーク 50 のトポロジ情報に対応する 3 R区間情報を保持する 3 R区間情報データベース 41 と、光ノード装置からの要求に応じてこの 3 R区間情報データベース 41 に保持された 3 R区間情報を当該光ノード装置に提供する 3 R区間情報提供部 43 とを備えたことを特徴とする。

また、3 R区間情報データベース 41 に保持されている 3 R区間情報は、3 R区間情報収集部 42 により収集された 3 R区間情報であり、光ネットワーク 50

の３Ｒ区間情報が更新される度に、３Ｒ区間情報収集部４２は、３Ｒ区間情報データベース４１に保持された３Ｒ区間情報を更新する。

第８実施例の光ノード装置は、図４１に示すように、自己が属する光ネットワーク５０を管理する網制御装置４０に対して当該光ネットワーク５０のトポロジ情報に対応する３Ｒ区間情報の提供を要求して取得する３Ｒ区間情報要求部２７を備え、取得した３Ｒ区間情報の中から自己に係わる少なくとも一部の情報を選択して保持するための情報選択部３０を備えたことを特徴とする。

次に、第８実施例の動作を図４２を参照して説明する。光ノード装置の３Ｒ区間情報要求部２７は、３Ｒ区間情報を網制御装置４０の３Ｒ区間情報提供部４３に要求する（ステップ１１）。このとき、第８実施例では、自光ノード装置の必要情報を指定しない。

網制御装置４０の３Ｒ区間情報提供部４３は、当該要求をそのまま３Ｒ区間情報データベース４１に転送する（ステップ１２）。３Ｒ区間情報提供部４３は、３Ｒ区間情報データベース４１から３Ｒ区間情報を抽出し（ステップ１３）、これを光ノード装置の情報選択部３０に転送する（ステップ１４）。情報選択部３０は、網制御装置４０から転送された３Ｒ区間情報の中から自光ノード装置が必要とする情報を選択し、不必要な情報は廃棄する（ステップ１５）。このようにして生成された必要情報を３Ｒ区間情報保持部２０に保持する（ステップ１６）。

第８実施例は、第７実施例と比較すると、光ノード装置のブロック構成に情報選択部３０が追加されるが、光ノード装置の３Ｒ区間情報要求部２７および網制御装置４０の３Ｒ区間情報提供部４３により必要情報を選択する必要がなく、これらの処理負荷を第７実施例と比較して小さくすることができる。

#### （第９実施例）

第９実施例の光ノード装置を図４３を参照して説明する。図４３は第９実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。第９実施例の光ノード装置は、図４３に示すように、自己が属する光ネットワーク５０を管理する網制御装置４０に対して自己が属する光ネットワーク５０のトポロジ情報に対応する３Ｒ区間情報を要求して取得する３Ｒ区間情報要求部２７と、この３Ｒ区間情報要求部２７

により取得した3R区間情報を保持する3R区間情報保持部20と、この3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を他光ノード装置に広告する広告部28とを備えたことを特徴とする。

例えば、全光ノード装置が共通の3R区間情報を保持する場合には、光ノード装置1～14の内のいずれかが網制御装置40から3R区間情報を取得し、これを広告部28を用いて他光ノード装置に広告することにより、網制御装置40の処理負荷を軽減させることができる。あるいは、2以上の光ノード装置が網制御装置40からそれぞれ3R区間情報を取得し、これを他光ノード装置に広告することにより、いずれかの光ノード装置が取得した3R区間情報に欠落があった場合でもこれを相互に補うことができ、信頼性の高い3R区間情報を保持することができる。

#### (第10実施例)

第10実施例の光ノード装置を図44を参照して説明する。図44は第10実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。第10実施例の光ノード装置は、図44に示すように、自己が属する光ネットワーク50を管理する網制御装置40に対して自己が発ノードであるときに自己が属する光ネットワーク50のトポロジ情報に対応する3R区間情報を要求して取得する3R区間情報要求部27と、この3R区間情報要求部27により取得した3R区間情報を保持する3R区間情報保持部20と、この3R区間情報保持部20に保持された3R区間情報を自己を発ノードとしたときの着ノードまでの光パスに含まれる他光ノード装置に伝達する伝達部29とを備えたことを特徴とする。

例えば、光パスの発ノードとなる光ノード装置が自光ノード装置から着ノードとなる光ノード装置までの光パスの経路に含まれる他光ノード装置に3R区間情報を伝達する場合に利用する。第9実施例は、不特定宛先に対する3R区間情報の広告であったのに対し、第10実施例では、特定宛先への3R区間情報の伝達を行う。

#### (第11実施例)

第11実施例の光ノード装置を図45を参照して説明する。図45は第11実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図である。第11実施例の光ノード装置

は、図４５に示すように、自己が属する光ネットワーク５０を管理する網制御装置４０に対して自己が発ノードであるときに自己が属する光ネットワーク５０のトポロジ情報に対応する３Ｒ区間情報を要求して取得する３Ｒ区間情報要求部２７と、この３Ｒ区間情報要求部２７により取得した３Ｒ区間情報を保持する３Ｒ区間情報保持部２０と、この３Ｒ区間情報保持部２０により保持された３Ｒ区間情報を他ノード装置に広告する広告部２８とを備え、広告部２８による広告が自己を経由する光パスに関係する広告か否かを判断する情報選択部３０が設けられ、この情報選択部３０は、広告が自己を経由する光パスに関係しない広告であるときには広告を廃棄し、広告が自己を経由する光パスに関係する広告であるときには広告内容を３Ｒ区間情報保持部２０に保持することを特徴とする。

第１０実施例では、伝達部２９は、特定宛先に対して３Ｒ区間情報を伝達する必要があったが、第１１実施例では、広告部３０は、不特定宛先に対する３Ｒ区間情報の広告でよいため、宛先管理の処理負荷を省くことができる。さらに、情報選択部３０を用いて自光ノード装置に無関係な３Ｒ区間情報を廃棄することができるので、３Ｒ区間情報保持部２０の情報記憶リソースを有効に利用することができる。

#### （第１２実施例）

第１２実施例の光ノード装置を図４および図４６を参照して説明する。図４は第１２実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図であり、第１実施例と共通である。図４６は第１２実施例の３Ｒ中継実施ノード判断方法を説明するための図である。第１２実施例の光ノード装置は、図４に示すように、自己が属する３Ｒ区間における自己と３Ｒ着ノードとの間のホップ数 $H$ の情報を保持する３Ｒ区間情報保持部２０と、自己が属する３Ｒ区間における３Ｒ発ノードから送出された光信号に対して自己が３Ｒ中継を実施するか否かを自律的に判断する３Ｒ中継実施判断部２１とを備え、この３Ｒ中継実施判断部２１は、自己が備えた３Ｒトラंक数を $T$ 、空き３Ｒトラंक数の閾値を $TH\_T$ 、３Ｒ着ノードまでのホップ数の閾値を $TH\_H$ としたときに、

$$T > TH\_T \text{ かつ } H < TH\_H$$

ならば３Ｒ中継を実施すると判断することを特徴とする。

図46に示すように、光ノード装置1を3R発ノードとし、光ノード装置3を3R着ノードとし、光ノード装置2が光ノード装置1と3との間にあるとすると、光ノード装置2は「一つの光ノード装置を経由する光パス上の重複部分を含む複数の異なる3R区間に関して当該一つの光ノード装置がいずれかの3R区間における3R発ノードであり、他の3R区間においては3R発ノードまたは3R着ノードに該当しない」光ノード装置である。

このような場合には、第12実施例以前の実施例では、3R中継実施判断部21は、3R実施シミュレート部23および比較部24を用いて「前記一つの光ノード装置から着ノードまでの光パスに係る3R区間情報を参照して前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3R実施回数を比較し、この比較結果に基づき前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能した場合の方が前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能しない場合よりも3R実施回数が少ないときには前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定する」として説明した。

これに対し、第12実施例では、シミュレーションよりも簡単な方法で3R中継を実施するか否かの判断を行う。すなわち、

$$T > T_H\_T \text{ かつ } H < T_H\_H$$

ならば3R中継を実施すると判断する。

すなわち、ある光パスの経路上の光ノード装置において、当該光ノード装置がいずれかの3R区間における3R発ノードであり、3Rトランクを有している場合に、当該光ノード装置の3Rトランク数に十分な余裕があり、さらに、当該光パスの3R着ノード、すなわち次3R区間の3R発ノードまでのホップ数が小さい場合には、当該光ノード装置が3R中継を実施してしまった方がよいと判断する。これにより、次3R区間の3R発ノードの3R中継負荷を軽減させることができる。

このように3R着ノード以前の光ノード装置が3R着ノードに代わって3R中継を実施した場合には、その旨を示すメッセージを3R着ノードに伝達する。これにより、本来の3R着ノードは、自己よりも前ホップの光ノード装置が自己に

代わって3 R中継を実施したことを認識し、本来3 R中継を実施すべき到来する光信号に対して3 R中継せずにそのまま交換接続する。なお、この場合には、当初適用予定されていた3 R区間から、実際に3 R中継を実施した光ノード装置を3 R発ノードとする3 R区間に適用が変更される。

次に、空き3 Rトランク数の閾値 $TH\_T$ 、3 R着ノードまでのホップ数の閾値 $TH\_H$ の設定ポリシーを説明する。次3 R区間の3 R発ノードの3 Rトランク数が自光ノード装置の3 Rトランク数と比較して少なければ少ないほど、自光ノード装置が次3 R区間の3 R発ノードの3 R中継を援助する必要性が大きくなるので、 $TH\_T$ は小さく設定し、少しでも自光ノード装置の3 Rトランクに空きが生じれば自光ノード装置が3 R中継を実施して次3 R区間の3 R発ノードの3 R中継を援助することが望ましい。しかし、次3 R区間の3 R発ノードまでのホップ数が大きい場合には、自光ノード装置の3 Rトランク数に余裕があったとしても、自光ノード装置が次3 R区間の3 R発ノードに代わって3 R中継を実施してしまつては、着ノードまでの3 R実施回数が増加する可能性が生じる。そこで、 $TH\_H$ は、小さい方が望ましい。

このように、 $TH\_T$ および $TH\_H$ は、3 R区間全体のホップ数および3 R着ノード、すなわち次3 R区間の3 R発ノードの3 Rトランク数を考慮して適宜設定する。

### (第13実施例)

第13実施例の光ノード装置を第1実施例で説明した図4ならびに図47および図48を参照して説明する。本実施例の光ノード装置の要部ブロック構成図は第1実施例と同様であつて、図4に示した通りである。ただし、光ノード装置を構成する各部の機能は第1実施例とは異なっている。図47は本実施例の3 R中継実施ノード判断方法を説明するための図である。図48は第13および第14実施例の光ノード装置の動作を説明するための図である。

光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が使用される毎に一つ削除される。

交換接続は、発ノードから着ノードまでの光パス上で、できる限り少ない波長



数で交換接続するというポリシーに基づき交換接続を行う。すなわち、発ノードから着ノードまでが一つの波長で結ばれることを最良とし、途中、空き波長が存在しない場合にのみ波長変換を行い、他の波長を用いる。波長変換トランクは、このような交換接続のための波長変換を行うが、波長変換によって光信号はいったん電気信号に変換され、再び光信号に変換されるので、3 R中継も同時に行われる。また、波長変換の必要のない箇所で3 R中継を実施する必要がある場合には、波長変換トランクにより、入出力が同一波長となる波長変換を行う。

また、発ノードから着ノードまでの間に使用する波長を決定する方法としては、光ネットワークのトポロジ情報に基づき、その時々で変化する光ネットワークの波長使用状況を参照し、発ノードから着ノードまでの波長変換プランを立案し、使用する波長を表示したラベルを発ノードからの光パス設定要求に搭載する。

途中の光ノード装置では、当該ラベルを参照し、自光ノード装置が波長変換を実施するか否かを判断し、波長変換を実施する必要がある場合には、自光ノード装置の波長変換リソースを確保する。なお、自光ノード装置が波長変換を行う場合には、光パス設定要求に搭載された変換する波長に相当するラベルは削除して次ホップの隣接光ノード装置に光パス設定要求を送出する。

本実施例では、3 R区間情報保持部20に、必要な情報を保持しているとして説明するが、図外の網制御装置が必要な情報を保持しており、発ノードが光パス設定要求を行う際に、網制御装置から必要な情報を取得し、波長変換プランを立案する構成としてもよい。

すなわち、本実施例の光ノード装置は、図4に示すように、自己が属する3 R区間における自己と3 R着ノードとの間のホップ数Hの情報を保持する3 R区間情報保持部20と、自己が属する3 R区間における3 R発ノードから送出された光信号に対して自己が3 R中継を実施するか否かを自律的に判断する3 R中継実施判断部21とを備え、この3 R中継実施判断部21は、自己が備えた波長変換トランク数をT、空き3 Rトランク数の閾値を $TH\_T$ 、3 R着ノードまでのホップ数の閾値を $TH\_H$ 、残存するラベル数をL、残存するラベル数の閾値を $TH\_L$ としたときに、

$$T > TH\_T \text{ かつ } (H < TH\_H \text{ かつ } L < TH\_L)$$

ならば3 R中継を実施すると判断することを特徴とする。なお、自己が着ノードを3 R着ノードとする3 R区間に属しているときには、3 R中継実施判断部21は、自己が3 R中継を実施しないと判断する。

次に、第13実施例の光ノード装置の動作を図47および図48を参照して説明する。図47に示すように、各光ノード装置は、光信号を交換接続するためのスイッチ部130と、複数の波長変換トランク140を備えている。図48の例では、発ノードである光ノード装置#1から着ノードである光ノード装置#10までの間に、光パスを設定する。

当該光パス上に設定された3 R区間は、光ノード装置#1を3 R発ノードとし、光ノード装置#5を3 R着ノードとする区間、光ノード装置#2を3 R発ノードとし、光ノード装置#5を3 R着ノードとする区間、光ノード装置#4を3 R発ノードとし、光ノード装置#7を3 R着ノードとする区間、光ノード装置#5を3 R発ノードとし、光ノード装置#8を3 R着ノードとする区間、光ノード装置#7を3 R発ノードとし、光ノード装置#10を3 R着ノードとする3 R区間、光ノード装置#8を3 R発ノードとし、光ノード装置#10を3 R着ノードとする3 R区間、光ノード装置#9を3 R発ノードとし、光ノード装置#10を3 R着ノードとする3 R区間である。

また、各光ノード装置が有する波長変換トランク数は、光ノード装置#1、#2、#3、#4、#5、#6、#7、#9はそれぞれ5個、光ノード装置#8、#10はそれぞれ10個とする。

ここで、発ノードを光ノード装置#1とし、着ノードを光ノード装置#10とする光パスが設定される場合に、最も3 R実施回数が少なくなるように、光ノード装置#1が3 R発ノードであるときの3 R着ノードを光ノード装置#5とし、また、光ノード装置#5を3 R発ノードとしたときの3 R着ノードを光ノード装置#8とし、また、光ノード装置#8を3 R発ノードとしたときの3 R着ノードを光ノード装置#10とする3 R区間をリレーすることが最良である。

光ノード装置#1から光ノード装置#2に対して光パス設定要求が送出される。この光パス設定要求には、経路途中で必要となる波長変換を表示する複数のラベル（ラベルセット）が搭載されている。図48の例では、光ノード装置#1と

光ノード装置#3との間は、波長 $\lambda_1$ が用いられ、ラベル $L_1$ が用いられる。光ノード装置#3と光ノード装置#5との間は、波長 $\lambda_2$ が用いられ、ラベル $L_2$ が用いられる。光ノード装置#5と光ノード装置#7との間は、波長 $\lambda_3$ が用いられ、ラベル $L_3$ が用いられる。光ノード装置#7と光ノード装置#10との間は、波長 $\lambda_4$ が用いられ、ラベル $L_4$ が用いられる。

光ノード装置#1は、発ノードであり3R発ノードであるので、初めから3R中継を実施すると判断する。

光ノード装置#1からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#2は、自己が波長 $\lambda_1$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル $L_1$  ( $\lambda_1$ ) によって光パスを設定することを判断すると共に、3R中継を実施するかどうかを

$$T > TH\_T \text{ かつ } (H < TH\_H \text{ かつ } L < TH\_L)$$

により判断する。ここで、 $TH\_T=4$ 、 $TH\_H=2$ 、 $TH\_L=1$ とする。

光ノード装置2の波長変換トランク数は5個であるから、

$$T > TH\_T$$

は満足する。続いて、

$$H < TH\_H$$

は、光ノード装置#2から3R着ノードである光ノード装置#5までは3ホップあるので満足しない。したがって、光ノード装置#2は3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#2からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#3は、自己が波長 $\lambda_1$ による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベル $L_2$  ( $\lambda_2$ ) によって光パスを設定することを判断する。また、自己は3R発ノードではないので、初めから3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#3からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#4は、自己が波長 $\lambda_2$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル $L_2$  ( $\lambda_2$ ) によって光パスを設定することを判断すると共に、3R中継を実施するかどうかを

$$T > TH\_T \text{ かつ } (H < TH\_H \text{ かつ } L < TH\_L)$$

により判断する。光ノード装置#4の波長変換トランク数は5個であるから、

$$T > TH\_T$$

は満足する。続いて、

$$H < TH\_H$$

は、光ノード装置#4から3R着ノードである光ノード装置#5まで1ホップなので満足する。続いて、

$$L < TH\_L$$

は、光ノード装置#4ではラベルL2を使用するので、残存するラベル数はL3およびL4の2枚となり満足しない。そこで光ノード装置#4は3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#4からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#5は、自己が波長λ2による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベルL3(λ3)によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#5は、光ノード装置#1を3R発ノードとしたときの3R着ノードなので、次3R区間の3R発ノードであり、さらに、自己の前ホップの光ノード装置#2、#3、#4のいずれもが3R中継を肩代わりしていないことを認識し、初めから光ノード装置#5は3R中継を実施すると判断する。

光ノード装置#5からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#6は、自己が波長λ3による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL3(λ3)によって光パスを設定することを判断する。また、自己は3R発ノードではないので、初めから3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#6からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#7は、自己が波長λ3による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベルL4(λ4)によって光パスを設定することを判断すると共に、3R中継を実施するか否かを

$$T > TH\_T \text{ かつ } (H < TH\_H \text{ かつ } L < TH\_L)$$

により判断する。光ノード装置#7の波長変換トランク数は5個であるから、

$$T > TH\_T$$

は満足する。続いて、

$H < TH\_H$ 

は、光ノード装置#7から3R着ノードである光ノード装置#8まで1ホップなので満足する。続いて、

 $L < TH\_L$ 

は、光ノード装置#7ではラベルL4を使用するので、残存するラベル数は0枚となり満足する。そこで光ノード装置#7は3R中継を実施すると判断する。また、光ノード装置#7は、光ノード装置#8に代わって3R中継を実施する旨のメッセージを他光ノード装置に伝達する。

光ノード装置#7からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#8は、自己が波長 $\lambda_4$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL4( $\lambda_4$ )によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#8は、光ノード装置#5を3R発ノードとしたときの3R着ノードであり、本来は3R中継を実施するが、光ノード装置#7から、光ノード装置#7が自己に代わって3R中継を実施する旨のメッセージを受け取り、3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#8からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#9は、自己が波長 $\lambda_4$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL4( $\lambda_4$ )によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#9は3R発ノードであるが、次ホップが着ノードであり、自己が着ノードを3R着ノードとする3R区間に属しているときには、自己が3R中継を実施しないと判断するので、光ノード装置#9は3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#9からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#10は、自己が波長 $\lambda_4$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL4( $\lambda_4$ )によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#10は着ノードなので、3R中継を実施しないと判断する。

これにより、光ノード装置#1、#5、#7によって3R中継が実施される。光ノード装置#7が光ノード装置#8の3R中継を肩代わりしたことになる。

(第14実施例)

第14実施例の光ノード装置の動作を説明する。なお、第14実施例の光ノード

ド装置の要部ブロック構成図は、図 4 に示した第 1 3 実施例と共通である。また、第 1 4 実施例の光ノード装置の動作を説明するための図は、図 4 8 に示した第 1 3 実施例と共通である。

図 4 8 の例では、発ノードである光ノード装置 # 1 から着ノードである光ノード装置 # 1 0 までの間に、光パスを設定する。当該光パス上に設定された 3 R 区間は、光ノード装置 # 1 を 3 R 発ノードとし、光ノード装置 # 5 を 3 R 着ノードとする区間、光ノード装置 # 2 を 3 R 発ノードとし、光ノード装置 # 5 を 3 R 着ノードとする区間、光ノード装置 # 4 を 3 R 発ノードとし、光ノード装置 # 7 を 3 R 着ノードとする区間、光ノード装置 # 5 を 3 R 発ノードとし、光ノード装置 # 8 を 3 R 着ノードとする区間、光ノード装置 # 7 を 3 R 発ノードとし、光ノード装置 # 1 0 を 3 R 着ノードとする 3 R 区間、光ノード装置 # 8 を 3 R 発ノードとし、光ノード装置 # 1 0 を 3 R 着ノードとする 3 R 区間、光ノード装置 # 9 を 3 R 発ノードとし、光ノード装置 # 1 0 を 3 R 着ノードとする 3 R 区間である。

また、各光ノード装置が有する波長変換バンク数は、光ノード装置 # 1、# 2、# 3、# 4、# 5、# 6、# 7、# 9 がそれぞれ 5 個とし、光ノード装置 # 8、# 1 0 がそれぞれ 1 0 個とする。

ここで、発ノードを光ノード装置 # 1 とし、着ノードを光ノード装置 # 1 0 とする光パスが設定される場合に、最も 3 R 実施回数が少なくなるように、光ノード装置 # 1 が 3 R 発ノードであるときの 3 R 着ノードを光ノード装置 # 5 とし、また、光ノード装置 # 5 を 3 R 発ノードとしたときの 3 R 着ノードを光ノード装置 # 8 とし、また、光ノード装置 # 8 を 3 R 発ノードとしたときの 3 R 着ノードを光ノード装置 # 1 0 とする 3 R 区間をリレーすることが最良である。

光ノード装置 # 1 から光ノード装置 # 2 に対して光パス設定要求が送出される。この光パス設定要求には、経路途中で必要となる波長変換を表示する複数のラベル（ラベルセット）が搭載されている。図 4 8 の例では、光ノード装置 # 1 と光ノード装置 # 3 との間は、波長  $\lambda_1$  が用いられ、ラベル L 1 が用いられる。光ノード装置 # 3 と光ノード装置 # 5 との間は、波長  $\lambda_2$  が用いられ、ラベル L 2 が用いられる。光ノード装置 # 5 と光ノード装置 # 7 との間は、波長  $\lambda_3$  が用いられ、ラベル L 3 が用いられる。光ノード装置 # 7 と光ノード装置 # 1 0 との間

は、波長 $\lambda_4$ が用いられ、ラベル $L_4$ が用いられる。

光ノード装置#1は発ノードであり3R発ノードであるので3R中継を実施すると判断する。

光ノード装置#1からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#2は、自己が波長 $\lambda_1$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル $L_1$  ( $\lambda_1$ ) によって光パスを設定することを判断すると共に、3R中継を実施する可否かを

$$T > TH\_T \text{ かつ } (H < TH\_H \text{ または } L < TH\_L)$$

により判断する。ここで、 $TH\_T=4$ 、 $TH\_H=2$ 、 $TH\_L=1$ とする。

光ノード装置#2の波長変換トランク数は5個であるから、

$$T > TH\_T$$

は満足する。続いて、

$$H < TH\_H$$

は、3R着ノードである光ノード装置#5まで3ホップなので満足しない。続いて、

$$L < TH\_L$$

は、残存するラベル数は、 $L_2$ 、 $L_3$ 、 $L_4$ の3枚なので満足しない。したがって、光ノード装置#2は3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#2からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#3は、自己が波長 $\lambda_1$ による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベル $L_2$  ( $\lambda_2$ ) によって光パスを設定することを判断する。また、自己は3R発ノードではないので、初めから3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#3からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#4は、自己が波長 $\lambda_2$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル $L_2$  ( $\lambda_2$ ) によって光パスを設定することを判断すると共に、3R中継を実施する可否かを

$$T > TH\_T \text{ かつ } (H < TH\_H \text{ または } L < TH\_L)$$

により判断する。光ノード装置#4の波長変換トランク数は5個であるから、

$$T > TH\_T$$

は満足する。続いて、

$H < TH\_H$

は、光ノード装置#4から3R着ノードである光ノード装置#5まで1ホップなので満足する。そこで光ノード装置#4は3R中継を実施すると判断する。また、光ノード装置#4は、光ノード装置#5に代わって3R中継を実施する旨のメッセージを他光ノード装置に伝達する。

光ノード装置#4からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#5は、自己が波長 $\lambda_3$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル $L_3$  ( $\lambda_3$ )によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#5は、光ノード装置#1を3R発ノードとしたときの3R着ノードであり、本来は3R中継を実施するが、光ノード装置#4から、光ノード装置#4が自己に代わって3R中継を実施する旨のメッセージを受け取り、3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#5からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#6は、自己が波長 $\lambda_3$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル $L_3$  ( $\lambda_3$ )によって光パスを設定することを判断する。また、自己は3R発ノードではないので、初めから3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#6からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#7は、自己が波長 $\lambda_3$ による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベル $L_4$  ( $\lambda_4$ )によって光パスを設定することを判断すると共に光ノード装置#4が光ノード装置#5に代わって3R中継を実施した旨のメッセージを受け取り、光ノード装置#4が3R発ノードであれば光ノード装置#7が3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードであることがわかるので、光ノード装置#7は3R中継を実施すると判断する。また、光ノード装置#7は、自己が3R中継を実施する旨のメッセージを他光ノード装置に伝達する。

光ノード装置#7からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#8は、自己が波長 $\lambda_4$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル $L_4$  ( $\lambda_4$ )によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#7から光ノード装置#7が3R中継を実施する旨のメッセージを受け取り、光ノード装



置#7を3R発ノードとして光ノード装置#10を3R着ノードとする3R区間に属していることを認識し、初めから3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#8からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#9は、自己が波長 $\lambda_4$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル $L_4$  ( $\lambda_4$ )によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#7から光ノード装置#7が3R中継を実施する旨のメッセージを受け取り、光ノード装置#7を3R発ノードとして光ノード装置#10を3R着ノードとする3R区間に属していることを認識し、初めから3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#9からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#10は、自己が波長 $\lambda_4$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル $L_4$  ( $\lambda_4$ )によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#10は着ノードなので、3R中継を実施しないと判断する。

これにより、光ノード装置#1、#4、#7によって3R中継が実施される。光ノード装置#4が光ノード装置#5の肩代わりをしたことになる。

#### (第15実施例)

第15実施例の光ノード装置の動作を図49を参照して説明する。図49は第15および第16実施例の光ノード装置の動作を説明するための図である。第15実施例は、双方向光パスにおける実施例である。双方向光パスという観点からみると、第13実施例においては、下り光パスにおける実施例を説明したことになる。そこで、第15実施例では、上り光パスについての実施例を説明する。したがって、実際の双方向光パスの設定では、第13実施例で説明した手順と第15実施例で説明する手順とをほぼ同時に並行して実行することになる。

図49に示す上り光パス上に設定された3R区間は、光ノード装置#10を3R発ノードとし、光ノード装置#6を3R着ノードとする区間、光ノード装置#9を3R発ノードとし、光ノード装置#6を3R着ノードとする区間、光ノード装置#7を3R発ノードとし、光ノード装置#4を3R着ノードとする区間、光ノード装置#6を3R発ノードとし、光ノード装置#3を3R着ノードとする区間、光ノード装置#4を3R発ノードとし、光ノード装置#1を3R着ノードとする3R区間、光ノード装置#3を3R発ノードとし、光ノード装置#1を3R

着ノードとする3R区間、光ノード装置#2を3R発ノードとし、光ノード装置#1を3R着ノードとする3R区間である。

また、各光ノード装置が有する波長変換トランク数は、光ノード装置#1、#2、#3、#4、#5、#6、#7、#9はそれぞれ5個、光ノード装置#8、#10はそれぞれ10個とする。

ここで、発ノードを光ノード装置#1とし、着ノードを光ノード装置#10とする上り光パスが設定される場合に、最も3R実施回数が少なくなるように、光ノード装置#10が3R発ノードであるときの3R着ノードを光ノード装置#6とし、また、光ノード装置#6を3R発ノードとしたときの3R着ノードを光ノード装置#3とし、また、光ノード装置#3を3R発ノードとしたときの3R着ノードを光ノード装置#1とする3R区間をリレーすることが最良である。

光ノード装置#1から光ノード装置#2に対して光パス設定要求が送出される。この光パス設定要求には、経路途中で必要となる波長変換を表示する複数のラベル（ラベルセット）が搭載されている。図49の例では、光ノード装置#1と光ノード装置#3との間には、波長 $\lambda_1$ が用いられ、ラベルL1が用いられる。光ノード装置#3と光ノード装置#5との間には、波長 $\lambda_2$ が用いられ、ラベルL2が用いられる。光ノード装置#5と光ノード装置#7との間には、波長 $\lambda_3$ が用いられ、ラベルL3が用いられる。光ノード装置#7と光ノード装置#10との間には、波長 $\lambda_4$ が用いられ、ラベルL4が用いられる。

光ノード装置#1は発ノードであり上り光パスにおける3R着ノードであるので3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#1からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#2は、自己が波長 $\lambda_1$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL1（ $\lambda_1$ ）によって光パスを設定することを判断する。また、上り光パスにおいては、自己が光ノード装置#3が3R発ノードであり、光ノード装置#1が3R着ノードである3R区間に属しているので、光ノード装置#2は3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#2からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#3は、自己が波長 $\lambda_1$ による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベルL2

( $\lambda 2$ ) によって光パスを設定することを判断する。また、自己は、あらかじめ決められている上り光パスにおける3R発ノードなので、3R中継を実施すると判断する。

光ノード装置#3からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#4は、自己が波長 $\lambda 2$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル $L 2$  ( $\lambda 2$ ) によって光パスを設定することを判断すると共に、3R発ノードなので3R中継を実施するか否かを

$$T > TH\_T \text{ かつ } (H < TH\_H \text{ かつ } L > TH\_L)$$

により判断する。なお、 $TH\_T = 4$ 、 $TH\_H = 2$ 、 $TH\_L = 1$ である。光ノード装置#4の波長変換トランク数は5個であるから、

$$T > TH\_T$$

は満足する。続いて、

$$H < TH\_H$$

は、光ノード装置#4から上り光パスにおける3R着ノードである光ノード装置#3まで1ホップなので満足する。続いて、

$$L > TH\_L$$

は、光ノード装置#4ではラベル $L 2$ を使用するので、残存するラベル数は $L 3$ および $L 4$ の2枚となり満足する。そこで光ノード装置#4は3R中継を実施すると判断する。この判断結果は、光ノード装置#3に対して伝達される。

光ノード装置#3は、光ノード装置#4からこの伝達を受け取ると、先に決定した自己が3R中継を実施するという判断を撤回する。

光ノード装置#4からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#5は、自己が波長 $\lambda 2$ による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベル $L 3$  ( $\lambda 3$ ) によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#5は、3R発ノードではないので、初めから3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#5からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#6は、自己が波長 $\lambda 3$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル $L 3$  ( $\lambda 3$ ) によって光パスを設定することを判断する。また、自己は、あらかじめ決められている上り光パスにおける3R発ノードであるので、初めから3R中継を

実施すると判断する。

光ノード装置#6からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#7は、自己が波長 $\lambda_3$ による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベル $L_4$  ( $\lambda_4$ ) によって光パスを設定することを判断すると共に、3R中継を実施するか否かを

$$T > TH\_T \text{ かつ } (H < TH\_H \text{ かつ } L > TH\_L)$$

により判断する。光ノード装置#7の波長変換トランク数は5個であるから、

$$T > TH\_T$$

は満足する。続いて、

$$H < TH\_H$$

は、光ノード装置#7から3R着ノードである光ノード装置#6まで1ホップなので満足する。続いて、

$$L > TH\_L$$

は、光ノード装置#7ではラベル $L_4$ を使用するので、残存するラベル数は0枚となり満足しない。そこで光ノード装置#7は3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#7からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#8は、自己が波長 $\lambda_4$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル $L_4$  ( $\lambda_4$ ) によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#8は、3R発ノードではないので、初めから3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#8からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#9は、自己が波長 $\lambda_4$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル $L_4$  ( $\lambda_4$ ) によって光パスを設定することを判断すると共に、3R中継を実施するか否かを

$$T > TH\_T \text{ かつ } (H < TH\_H \text{ かつ } L > TH\_L)$$

により判断する。光ノード装置#9の波長変換トランク数は5個であるから、

$$T > TH\_T$$

は満足する。続いて、

$$H < TH\_H$$

は、光ノード装置#9から3R着ノードである光ノード装置#6まで3ホップなので満足しない。そこで光ノード装置#7は3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#9からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#10は、自己が波長 $\lambda_4$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル $L_4$  ( $\lambda_4$ )によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#10は着ノードなので上り光パスにおいては3R発ノードであり、3R中継を実施すると判断する。

これにより、光ノード装置#4、#6、#10によって3R中継が実施される。光ノード装置#4が光ノード装置#3の3R中継を肩代わりしたことになる。

(第16実施例)

第16実施例の光ノード装置の動作を図49を参照して説明する。第16実施例は、双方向光パスにおける実施例である。双方向光パスという観点からみると、第14実施例においては、下り光パスにおける実施例を説明したことになる。そこで、第16実施例では、上り光パスについての実施例を説明する。したがって、実際の双方向光パスの設定では、第14実施例で説明した手順と第16実施例で説明する手順とをほぼ同時に並行して実行することになる。

図49に示す上り光パス上に設定された3R区間は、光ノード装置#10を3R発ノードとし、光ノード装置#6を3R着ノードとする区間、光ノード装置#9を3R発ノードとし、光ノード装置#6を3R着ノードとする区間、光ノード装置#7を3R発ノードとし、光ノード装置#4を3R着ノードとする区間、光ノード装置#6を3R発ノードとし、光ノード装置#3を3R着ノードとする区間、光ノード装置#4を3R発ノードとし、光ノード装置#1を3R着ノードとする3R区間、光ノード装置#3を3R発ノードとし、光ノード装置#1を3R着ノードとする3R区間、光ノード装置#2を3R発ノードとし、光ノード装置#1を3R着ノードとする3R区間である。

また、各光ノード装置が有する波長変換バンク数は、光ノード装置#1、#2、#3、#4、#5、#6、#7、#9はそれぞれ5個、光ノード装置#8、#10はそれぞれ10個とする。

ここで、発ノードを光ノード装置#1とし、着ノードを光ノード装置#10と

する上り光パスが設定される場合に、最も3R実施回数が少なくなるように、光ノード装置#10が3R発ノードであるときの3R着ノードを光ノード装置#6とし、また、光ノード装置#6を3R発ノードとしたときの3R着ノードを光ノード装置#3とし、また、光ノード装置#3を3R発ノードとしたときの3R着ノードを光ノード装置#1とする3R区間をリレーすることが最良である。

光ノード装置#1は発ノードであり上り光パスにおける3R着ノードであるので3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#1から光ノード装置#2に対して光パス設定要求が送出される。この光パス設定要求には、経路途中で必要となる波長変換を表示する複数のラベル（ラベルセット）が搭載されている。図49の例では、光ノード装置#1と光ノード装置#3との間には、波長 $\lambda_1$ が用いられ、ラベルL1が用いられる。光ノード装置#3と光ノード装置#5との間には、波長 $\lambda_2$ が用いられ、ラベルL2が用いられる。光ノード装置#5と光ノード装置#7との間には、波長 $\lambda_3$ が用いられ、ラベルL3が用いられる。光ノード装置#7と光ノード装置#10との間には、波長 $\lambda_4$ が用いられ、ラベルL4が用いられる。

光ノード装置#1からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#2は、自己が波長 $\lambda_1$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL1（ $\lambda_1$ ）によって光パスを設定することを判断する。また、上り光パスにおいては、自己が光ノード装置#3が3R発ノードであり、光ノード装置#1が3R着ノードである3R区間に属しているので、光ノード装置#2は3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#2からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#3は、自己が波長 $\lambda_1$ による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベルL2（ $\lambda_2$ ）によって光パスを設定することを判断する。また、自己は、あらかじめ決められている上り光パスにおける3R発ノードなので、3R中継を実施すると判断する。

光ノード装置#3からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#4は、自己が波長 $\lambda_2$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL2（ $\lambda_2$ ）によって光パスを設定することを判断すると共に、3R発ノードなので3

R中継を実施するか否かを

$T > TH\_T$ かつ ( $H < TH\_H$ または $L > TH\_L$ )

により判断する。なお、 $TH\_T = 4$ 、 $TH\_H = 2$ 、 $TH\_L = 1$ である。光ノード装置#4の波長変換トランク数は5個であるから、

$T > TH\_T$

は満足する。続いて、

$H < TH\_H$

は、光ノード装置#4から上り光パスにおける3R着ノードである光ノード装置#3まで1ホップなので満足する。そこで光ノード装置#4は3R中継を実施すると判断する。この判断結果は、光ノード装置#3に対して伝達される。

光ノード装置#3は、光ノード装置#4からこの伝達を受け取ると、先に決定した自己が3R中継を実施するという判断を撤回する。

光ノード装置#4からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#5は、自己が波長 $\lambda_2$ による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベルL3 ( $\lambda_3$ )によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#5は、3R発ノードではないので、初めから3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#5からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#6は、自己が波長 $\lambda_3$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベルL3 ( $\lambda_3$ )によって光パスを設定することを判断する。また、自己は、あらかじめ決められている上り光パスにおける3R発ノードであるので、初めから3R中継を実施すると判断する。

光ノード装置#6からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#7は、自己が波長 $\lambda_3$ による光パス設定が不可能であることを認識しており、ラベルL4 ( $\lambda_4$ )によって光パスを設定することを判断すると共に、3R中継を実施するか否かを

$T > TH\_T$ かつ ( $H < TH\_H$ または $L > TH\_L$ )

により判断する。光ノード装置#7の波長変換トランク数は5個であるから、

$T > TH\_T$

は満足する。続いて、

$H < TH\_H$ 

は、光ノード装置#7から3R着ノードである光ノード装置#6まで1ホップなので満足する。そこで光ノード装置#7は3R中継を実施すると判断する。この判断結果は、光ノード装置#6に対して伝達される。

光ノード装置#6は、光ノード装置#7からこの伝達を受け取ると、先に決定した自己が3R中継を実施するという判断を撤回する。

光ノード装置#7からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#8は、自己が波長 $\lambda_4$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル $L_4$  ( $\lambda_4$ )によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#8は、3R発ノードではないので、初めから3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#8からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#9は、自己が波長 $\lambda_4$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル $L_4$  ( $\lambda_4$ )によって光パスを設定することを判断すると共に、3R中継を実施するかどうかを

 $T > TH\_T$ かつ ( $H < TH\_H$ または $L > TH\_L$ )

により判断する。光ノード装置#9の波長変換トランク数は5個であるから、

 $T > TH\_T$ 

は満足する。続いて、

 $H < TH\_H$ 

は、光ノード装置#9から3R着ノードである光ノード装置#6まで3ホップなので満足しない。続いて、

 $L > TH\_L$ 

は、残存するラベル数が0なので満足しない。そこで光ノード装置#9は3R中継を実施しないと判断する。

光ノード装置#9からの光パス設定要求を受け取った光ノード装置#10は、自己が波長 $\lambda_4$ による光パス設定が可能であることを認識しており、ラベル $L_4$  ( $\lambda_4$ )によって光パスを設定することを判断する。また、光ノード装置#10は着ノードであり上り光パスにおいては3R発ノードなので、3R中継を実施すると判断する。



これにより、光ノード装置#4、#7、#10によって3R中継が実施される。光ノード装置#4が光ノード装置#3の3R中継実施を肩代わりし、光ノード装置#7が光ノード装置#6の3R中継を肩代わりしたことになる。

(第17実施例)

第17実施例の光ノード装置を図50ないし図52を参照して説明する。図50および図52は第17実施例の光ノード装置の要部ブロック構成および動作を説明するための図である。図51は実測部のブロック構成図である。第17実施例の光ノード装置は、図50に示すように、自己に到着する光信号の劣化状態を検出する実測部218と、この実測部218の検出結果が信号劣化を検出したときには3R中継要求を自己の一つ前のホップに相当する隣接光ノード装置に通知する制御系217と、自己が次ホップの隣接光ノード装置の制御系217からの前記3R中継要求を受け取ったときには自己に到着する光信号に対して3R中継を施す3R中継部224とを備えたことを特徴とする。

なお、実測部218は、図51に示すように、光ノイズ観測部225および光強度観測部226により、それぞれ光信号の光ノイズおよび光強度を実測する。この実測結果は、実測データ生成部231により集約される。なお、他実施例における実測部218も同様の構成である。

次に、第17実施例の光ノード装置の動作を説明する。第17実施例の光ノード装置は、自己を経由する光パスが設定されているときには、当該光パスを伝送される光信号を実測部218に分岐入力し、その信号劣化状態を観測している。いま、光ノード装置#4で、光信号の劣化が検出されたとすると、光ノード装置#4は、光ノード装置#3に対して3R中継を要求する。この要求を受けた光ノード装置#3では、自己を経由する光パスを3R中継部224に導き、3R中継を施す。

ここまでの第17実施例の説明は、単方向光パスまたは双方向光パスの下り光パスを想定した場合の説明である。続いて、上り光パスを想定した場合について図52を参照して説明する。第17実施例の光ノード装置は、図52に示すように、自己に到着する上り光パスの光信号の劣化状態を検出する実測部218と、この実測部218の検出結果が信号劣化を検出したときには自己の次ホップに相

当する隣接光ノード装置に３Ｒ中継実施要求を送出する制御系２１７と、自己が前ホップの隣接光ノード装置の制御系２１７からの３Ｒ中継実施要求を受け取ったときには自己に到着する光信号に対して３Ｒ中継を実施する３Ｒ中継部２２４とを備えたことを特徴とする。

次に、第１７実施例の光ノード装置の動作を説明する。第１７実施例の光ノード装置は、自己を経由する上り光パスが設定されているときには、当該上り光パスを伝送される光信号を実測部２１８に分岐入力し、その信号劣化状態を観測している。いま、光ノード装置＃１で、光信号の劣化が検出されたとすると、光ノード装置＃１は、光ノード装置＃２に対して３Ｒ中継実施要求を送出する。この３Ｒ中継実施要求を受けた光ノード装置＃２では、自己を経由する上り光パスを３Ｒ中継部２２４に導き、３Ｒ中継を施す。

このように、あらかじめ設定されている３Ｒ区間に変化が生じる状況を説明すると、例えば、一つの光ノード装置に新規の光パスが多数設定された場合に、既設の光パスが新設された光パスの影響によるクロストークや非線形効果などによるノイズを受ける場合があり、このような場合には、３Ｒ区間に変化が生じる。第１７実施例では、このような３Ｒ区間の変化に柔軟に対応することができる。

なお、各光ノード装置がそれぞれ３Ｒ中継部２２４を有しているのであれば、従来と比較してネットワークリソースの有効利用が図れるのかという懸念が生じるが、従来は、全ての光ノード装置が等しく３Ｒ中継を行っているのに対し、第１７実施例では、選ばれた光ノード装置のみが３Ｒ中継を行っているのであり、３Ｒ中継負荷は複数の光ノード装置に分散されるので、ネットワークリソースの有効利用を図ることができる。

すなわち、各光ノード装置の３Ｒ中継部２２４は、ほとんどの場合に、自己を経由する光パスの一部だけを３Ｒ中継すればよいのである。これに対し、従来は、各光ノード装置の３Ｒ中継部２２４は、自己を経由する光パスの全部に対して３Ｒ中継を行う必要があった。したがって、３Ｒ中継部２２４の規模は従来と比較して小さな規模で対応できるため、ネットワークリソースの有効利用および低コスト化を図ることができる。

(第１８実施例)

第18実施例の光ノード装置を図53ないし図55を参照して説明する。図53は第18実施例の出力側に光スイッチ部を備えた光ノード装置のブロック構成図である。図54は第18実施例の入力側に光スイッチ部を備えた光ノード装置のブロック構成図である。図55は第18実施例のトランク型の3R中継部を備えた光ノード装置のブロック構成図である。

第18実施例の光ノード装置は、自己に到着する光信号の劣化状態を検出する実測部218と、この実測部218の検出結果が信号劣化を検出したときには自己に到着する光信号に対して3R中継を施す3R中継部224とを備えたことを特徴とする。

次に、第18実施例の光ノード装置の動作を説明する。図53に示す光ノード装置は、実測部218が入力された光信号の劣化を検出すると、その検出結果は制御系217に伝達される。制御系217は、セクタ227に指示を出して、入力された光信号を3R中継部224に接続する。これにより、光スイッチ部228には、3R中継部224を経由して3R中継が施された光信号が入力される。

図54に示す光ノード装置は、光スイッチ部228から出力される光信号の劣化を実測部218が検出すると、その検出結果は制御系217に伝達される。制御系217は、セクタ227に指示を出して、入力された光信号を3R中継部224に接続する。これにより、3R中継部224を経由して3R中継が施された光信号が出力される。

図55に示す光ノード装置は、実測部218が入力された光信号の劣化を検出すると、その検出結果は制御系217に伝達される。制御系217は、光スイッチ部228に指示を出して、入力された光信号を3R中継部224に接続する。これにより、光スイッチ部228からいったん出力された光信号は、3R中継部224を経由して3R中継された光信号が再び光スイッチ部228に入力される。光スイッチ部228は、3R中継された光信号を目的方路にスイッチングする。

ここまでの第18実施例の説明は、単方向光パスあるいは双方向光パスの下り光パスを想定した説明であるが、上り光パスについても下り光パスと同様の手順



信号の劣化状況の報告を受け取る手段と、この受け取る手段により受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の他光ノード装置の一つ前ホップに相当する他光ノード装置に対して3 R中継実施を要求する手段とを3 R中継実施判断部229に備えたことを特徴とする。実際には、各光ノード装置に3 R中継実施判断部229を備えており、自己が発ノードあるいは3 R発ノードになったときには、上記の各手段の機能を発動させる。

次に、第19実施例の光ノード装置の動作を説明する。図57に示す3 R中継実施要求手順は、3 R中継実施判断部229により実行される。ここでは、光ノード装置#1が3 R発ノードとなり、光パスを設定しながら3 R中継実施要求する過程を例にとって説明する。図57に示すように、光ノード装置#1の3 R中継実施判断部229では、自己から1ホップ先の光ノード装置#2に対して光パスを設定する(ステップ101、ステップ102)。図56では、光ノード装置#1は光パス設定要求(PATH)を光ノード装置#2に送出する。光ノード装置#2は、光パス設定要求(PATH)を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して光パス設定完了通知(RESV)を送出する。これにより光ノード装置#1と#2との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された光パスに対して試験用光信号(LIGHT)を送出し(ステップ103)、光ノード装置#2からの試験用光信号劣化状況報告(RESULT)を受信する(ステップ104)。光ノード装置#2からの試験用光信号劣化状況報告には、劣化が検出されていないので(ステップ105)、光ノード装置#1は、自己から2ホップ先の光ノード装置#3に対して光パスを設定する(ステップ106、ステップ102)。図56では、光ノード装置#1は光パス設定要求(PATH)を光ノード装置#2を経由して光ノード装置#3に送出する。光ノード装置#3は、光パス設定要求(PATH)を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して光パス設定完了通知(RESV)を光ノード装置#2を経由して送出する。これにより光ノード装置#1と#3との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された光パスに対して試験用光信号（LIGHT）を送出し（ステップ103）、光ノード装置#3からの試験用光信号劣化状況報告（RESULT）を受信する（ステップ104）。光ノード装置#3からの試験用光信号劣化状況報告には、劣化が検出されていないので（ステップ105）、光ノード装置#1は、自己から3ホップ先の光ノード装置#4に対して光パスを設定する（ステップ106、ステップ102）。図56では、光ノード装置#1は光パス設定要求（PATH）を光ノード装置#2および#3を経由して光ノード装置#4に送出する。光ノード装置#4は、光パス設定要求（PATH）を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して光パス設定完了通知（RESV）を光ノード装置#3および#2を経由して送出する。これにより光ノード装置#1と#4との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された光パスに対して試験用光信号（LIGHT）を送出し（ステップ103）、光ノード装置#4からの試験用光信号劣化状況報告（RESULT）を受信する（ステップ104）。光ノード装置#4からの試験用光信号劣化状況報告には、劣化が検出されていないので（ステップ105）、光ノード装置#1は、自己から4ホップ先の光ノード装置#5に対して光パスを設定する（ステップ106、ステップ102）。図56では、光ノード装置#1は光パス設定要求（PATH）を光ノード装置#2、#3、#4を経由して光ノード装置#5に送出する。光ノード装置#5は、光パス設定要求（PATH）を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して光パス設定完了通知（RESV）を光ノード装置#4、#3、#2を経由して送出する。これにより光ノード装置#1と#5との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された光パスに対して試験用光信号（LIGHT）を送出し（ステップ103）、光ノード装置#5からの試験用光信号劣化状況報告（RESULT）を受信する（ステップ104）。光ノード装置#5からの試験用光信号劣化状況報告には、劣化が検出されていないので（ステップ105）、光ノード装置#1は、自己から5ホップ先の光ノード装置#6に対し

て光パスを設定する（ステップ１０６、ステップ１０２）。図５６では、光ノード装置＃１は光パス設定要求（PATH）を光ノード装置＃２、＃３、＃４、＃５を経由して光ノード装置＃６に送出する。光ノード装置＃６は、光パス設定要求（PATH）を受けると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置＃１に対して光パス設定完了通知（RESV）を光ノード装置＃５、＃４、＃３、＃２を経由して送出する。これにより光ノード装置＃１と＃６との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置＃１は、設定された光パスに対して試験用光信号（LIGHT）を送出し（ステップ１０３）、光ノード装置＃６からの試験用光信号劣化状況報告（RESULT）を受信する（ステップ１０４）。光ノード装置＃６からの試験用光信号劣化状況報告には、劣化が検出されたので（ステップ１０５）、自己から４ホップ先の光ノード装置＃５に対して３Ｒ中継実施を要求する（ステップ１０７）。光ノード装置＃５は光ノード装置＃１からの３Ｒ中継実施の要求を受け取ると光ノード装置＃１に対して要求承諾を応答する。

また、光ノード装置＃５は、光ノード装置＃１からの３Ｒ中継実施要求を受けたので（ステップ１０８）、自己が３Ｒ発ノードであると認識し、ステップ１０１からの手順を実行する。また、光ノード装置＃１は、光ノード装置＃５に３Ｒ中継実施を要求し、他光ノード装置からの３Ｒ中継実施要求を受けていないので処理を終了する。

このようにして、第１９実施例では、光パス設定の過程において、３Ｒ中継を実施する光ノード装置を決定することができる。図５６の例では、各光ノード装置＃１～＃７の全てにそれぞれ３Ｒ中継実施判断部２２９を備えたが、例えば、一つおきに備えるといった構成とすることもできる。また、本実施例では説明をわかりやすくするために、３Ｒ中継が不必要であると予想される光ノード装置＃２あるいは＃３に対しても試験用光信号を送出したが、これらの光ノード装置＃２、＃３に対しては、試験用光信号送出の手順を省くこともできる。あるいは、３Ｒ中継の必要があると予想される光ノード装置＃５、＃６に対してのみ、試験用光信号を送出してもよい。

ここまでの第１９実施例の説明は、単方向光パスまたは双方向光パスの下り光

パスを想定した場合の説明である。続いて、上り光パスを想定した場合について図58および図59を参照して説明する。第19実施例の光ノード装置は、自己が発ノードであるときに着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次光パスを設定する。3R中継実施判断部229は、自己が発ノードでないときに自己に光パスが設定されると上り光パスに試験用光信号を送出する手段を備え、また、この3R中継実施判断部229は、自己が発ノードであるときに前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する手段を備え、さらに、前記試験用光信号の送出元の光ノード装置の3R中継実施判断部229は、この通知に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには上り光パスから到着する光信号に対して3R中継を実施すると判断する。さらに、3R中継実施判断部229は、自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であるときに自己から着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次光パスを設定し、前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する手段を備えたことを特徴とする。実際には、各光ノード装置に3R中継実施判断部229を備えており、自己が発ノードまたは3R発ノードまたは3R着ノードになったときには、上記の各手段の機能を発動させる。

次に、第19実施例の光ノード装置の動作を説明する。図59に示す3R中継実施要求手順は、3R中継実施判断部229により実行される。ここでは、光ノード装置#1が上り光パスにおける3R着ノードとなり、光パスを設定しながら3R中継実施要求する過程を例にとって説明する。図59に示すように、光ノード装置#1の3R中継実施判断部229では、自己から1ホップ先の光ノード装置#2に対して光パスを設定する(ステップ111、ステップ112)。図58では、光ノード装置#1は光パス設定要求(PATH)を光ノード装置#2に送出する。光ノード装置#2は、光パス設定要求(PATH)を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して光パス設定完了通知(RESV)を送出する。これにより光ノード装置#1と#2



との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された上り光パスからの試験用光信号（LIGHT）を受信し（ステップ113）、光ノード装置#2からの試験用光信号劣化を実測してその実測結果（RESULT）を光ノード装置#2に報告する（ステップ114）。光ノード装置#2からの試験用光信号には、劣化が検出されていないので（ステップ115）、光ノード装置#1は、自己から2ホップ先の光ノード装置#3に対して光パスを設定する（ステップ116、ステップ112）。図58では、光ノード装置#1は光パス設定要求（PATH）を光ノード装置#2を経由して光ノード装置#3に送出する。光ノード装置#3は、光パス設定要求（PATH）を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して光パス設定完了通知（RESV）を光ノード装置#2を経由して送出する。これにより光ノード装置#1と#3との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された上り光パスからの試験用光信号（LIGHT）を受信し（ステップ113）、光ノード装置#3からの試験用光信号劣化を実測してその実測結果（RESULT）を光ノード装置#3に報告する（ステップ114）。光ノード装置#3からの試験用光信号には、劣化が検出されていないので（ステップ115）、光ノード装置#1は、自己から3ホップ先の光ノード装置#4に対して光パスを設定する（ステップ116、ステップ112）。図58では、光ノード装置#1は光パス設定要求（PATH）を光ノード装置#2および#3を経由して光ノード装置#4に送出する。光ノード装置#4は、光パス設定要求（PATH）を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して光パス設定完了通知（RESV）を光ノード装置#3および#2を経由して送出する。これにより光ノード装置#1と#4との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された上り光パスからの試験用光信号（LIGHT）を受信し（ステップ113）、光ノード装置#4からの試験用光信号劣化を実測しその実測結果（RESULT）を光ノード装置#4に報告する（ステップ114）。光ノード装置#4からの試験用光信号には、劣化が検出されて

いないので（ステップ115）、光ノード装置#1は、自己から4ホップ先の光ノード装置#5に対して光パスを設定する（ステップ116、ステップ112）。図58では、光ノード装置#1は光パス設定要求（PATH）を光ノード装置#2、#3、#4を経由して光ノード装置#5に送出する。光ノード装置#5は、光パス設定要求（PATH）を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して光パス設定完了通知（RESV）を光ノード装置#4、#3、#2を経由して送出する。これにより光ノード装置#1と#5との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された上り光パスからの試験用光信号（LIGHT）を受信し（ステップ113）、光ノード装置#5からの試験用光信号劣化を実測しその実測結果（RESULT）を光ノード装置#5に報告する（ステップ114）。光ノード装置#5からの試験用光信号には、劣化が検出されていないので（ステップ115）、光ノード装置#1は、自己から5ホップ先の光ノード装置#6に対して光パスを設定する（ステップ116、ステップ112）。図58では、光ノード装置#1は光パス設定要求（PATH）を光ノード装置#2、#3、#4、#5を経由して光ノード装置#6に送出する。光ノード装置#6は、光パス設定要求（PATH）を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して光パス設定完了通知（RESV）を光ノード装置#5、#4、#3、#2を経由して送出する。これにより光ノード装置#1と#6との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された上り光パスからの試験用光信号（LIGHT）を受信し（ステップ113）、光ノード装置#6からの試験用光信号劣化を実測しその実測結果（RESULT）を光ノード装置#6に報告する（ステップ114）。光ノード装置#6からの試験用光信号には、劣化が検出されたので（ステップ115）、自己から4ホップ先の光ノード装置#5に対して3R中継実施を要求する（ステップ117）。光ノード装置#5は光ノード装置#1からの3R中継実施の要求を受け取ると光ノード装置#1に対して要求承諾を応答する。

また、光ノード装置#5は、光ノード装置#1からの通知により（ステップ1

18)、自己が3R発ノードであると認識し、ステップ111からの手順を実行する。また、光ノード装置#1は、光ノード装置#5に3R中継実施を要求し、他光ノード装置からの3R中継実施要求を受けていないので処理を終了する。

このようにして、第19実施例では、光パス設定の過程において、3R中継を実施する光ノード装置を決定することができる。図58の例では、各光ノード装置#1～#7の全てにそれぞれ3R中継実施判断部229を備えたが、例えば、一つおきに備えるといった構成とすることもできる。また、本実施例では説明をわかりやすくするために、3R中継が不必要であると予想される光ノード装置#2あるいは#3に対しても試験用光信号を送出したが、これらの光ノード装置#2、#3に対しては、試験用光信号送出の手順を省くこともできる。あるいは、3R中継の必要があると予想される光ノード装置#5、#6に対してのみ、試験用光信号を送出してもよい。

#### (第20実施例)

第20実施例の光ノード装置を図60ないし図63を参照して説明する。図60および図62は第20実施例の光ノード装置における3R区間情報収集の概念を示す図である。図61および図63は第20実施例の光ノード装置のブロック構成図である。

第20実施例の光ノード装置は、図61に示すように、自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値 $Q$ を保持する $Q$ 値保持部234と、自己が発ノードである場合には、次ホップの隣接光ノード装置に対して被減算値の初期値 $P$ を伝達する $P$ 値送出部232と、自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値 $P$ あるいは既に当該初期値 $P$ から減算が行われた被減算値 $P'$ を受け取った場合には、 $(P-Q)$ あるいは $(P'-Q)$ を演算する $Q$ 値減算部235と、この $Q$ 値減算部235の演算結果と閾値とを比較して閾値よりも大きい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以下の場合には自己に到着する光信号に対して3R中継を実施する指示を行う比較部236とを備え、 $P$ 値送出部232は、自己が当該被減算値が伝達された光パスの着ノードではないときには、自己を3R発ノードとして被減算値の初期値 $P$ を次ホップの隣接光ノード装置に伝達することを特徴

とする。

次に、第20実施例の光ノード装置の動作を説明する。Q値生成部233は、自己に接続されたリンクの光信号劣化度合いをパラメータテーブル240および劣化度合テーブル250を参照した結果に基づきQ値を生成する。Q値は、劣化度合いに比例して定められた定数であり、リンク毎に設けられる。また、Q値は初期値Pに対して設定される。例えば、自光ノード装置における光信号の劣化度合いを光信号強度と光ノイズとで考えた場合に、3R発ノードから送出された光信号を半分の強度に減衰させ、また、3R発ノードから送出された光信号の誤り率を2倍に増加させるような場合には、初期値Pが100であればQ値は50に設定される。このQ値は光ノード装置を経由する毎に減算され、減算結果が閾値以下になった光ノード装置では、自己が3R中継を実施することがわかる。さらに、自己が被測定光パスの着ノードでないときには、自己が3R発ノードであるとして、新たに初期値Pを送出する。

このようにして、光パス設定過程において3R中継実施を判断することができる。すなわち、光パス設定要求中に初期値Pを搭載しておけば、光パス設定要求を受け取った各光ノード装置において、自己が3R中継を実施するか否かを判定しながら光パス設定手順を実行することができる。

ここまでの第20実施例の説明は、単方向光パスまたは双方向光パスの下り光パスを想定した場合の説明である。続いて、上り光パスを想定した場合について図62および図63を参照して説明する。第20実施例の光ノード装置は、図63に示すように、自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値qを保持するq値保持部334と、自己が発ノードである場合には、次ホップの隣接光ノード装置に対して被加算値の初期値pを伝達するp値送出部332と、自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値pあるいは既に当該初期値pに加算が行われた被加算値p'を受け取った場合には、 $(p + q)$ あるいは $(p' + q)$ を演算するq値加算部335と、このq値加算部335の演算結果と閾値とを比較して閾値よりも小さい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以上の場合には自己に上り光パスから到着する光信号に対して3R中継を実施する指示を行う比較

部 336 とを備え、 $p$  値送出部 332 は、自己が当該被加算値が伝達された光パスの着ノードではないときには、自己を上り光パスにおける 3R 着ノードとして被加算値の初期値  $p$  を次ホップの隣接光ノード装置に伝達することを特徴とする。

次に、第 20 実施例の光ノード装置の動作を説明する。 $q$  値生成部 333 は、自己に接続されたリンクの光信号劣化度合いをパラメータテーブル 240 および劣化度合テーブル 250 を参照した結果に基づき  $q$  値を生成する。 $q$  値は、劣化度合いに比例して定められた定数であり、リンク毎に設けられる。また、 $q$  値は前述した下り光パスの場合の  $Q$  値と同様に設定される。

この  $q$  値は光ノード装置を経由する毎に加算され、加算結果が閾値以上になった光ノード装置では、自己が上り光パスにおいて 3R 中継を実施することがわかる。さらに、自己が被測定光パスの着ノードでないときには、自己が上り光パスにおける 3R 着ノードであるとして、新たに初期値  $p$  を送出する。

なお、 $p$  値は、第 20 実施例では、“0” とするが、 $p$  値は諸条件を考慮して設定することができる。例えば、3R 区間の最大長の範囲内で、設定する 3R 区間の長さを  $p$  値によって加減することができる。すなわち、閾値が固定であれば、 $p$  値を負の整数とすれば、 $p$  値を“0”と設定した場合よりも加算できる数値が大きくなるので、3R 区間を長めに設定することができる。その反対に、 $p$  値を正の整数とすれば、 $p$  値を“0”と設定した場合よりも加算できる数値が小さくなるので 3R 区間を短めに設定することができる。

このようにして、光パス設定過程において 3R 中継実施を判断することができる。すなわち、光パス設定要求中に初期値  $p$  を搭載しておけば、光パス設定要求を受け取った各光ノード装置において、自己が 3R 中継を実施するか否かを判定しながら光パス設定手順を実行することができる。

なお、第 17～第 20 実施例では、説明をわかりやすくするために、下り光パスを想定した場合の説明と、上り光パスを想定した場合の説明とを分けて行ったが、実際には、これらを同時に行うことにより、上り下り双方向の光パスについて同時に 3R 区間を設定することができる。

(第 21 実施例)

本発明第21実施例を図64ないし図66を参照して説明する。図64は第21実施例の網制御装置と光ネットワークとの関係を示す図である。図65は第21実施例の網制御装置のブロック構成図である。図66は第21実施例の保守者装置のブロック構成図である。

第21実施例は、図64に示すように、光信号を交換接続する複数の光ノード装置1～8と、この複数の光ノード装置1～8間を接続する光伝送路とを備えた光ネットワークを管理する網制御装置410である。ここで、第21実施例の特徴とするところは、図65に示すように、光ネットワークのトポロジ情報を保持するトポロジ情報保持部411と、入力されたホップ数情報に基づき指定された光ノード装置を3R発ノードとする3R区間の推定情報を前記トポロジ情報上に作成する3R区間情報作成部412と、この3R区間情報作成部412により作成された前記トポロジ情報上の3R区間の推定情報の一部または全部を入力された指示に基づき変更する3R区間情報変更部413と、この3R区間情報変更部413により変更された前記トポロジ情報上の3R区間の情報を前記光ノード装置に通知する3R区間情報通知部414とを備えたところにある。

次に、第21実施例の網制御装置410の動作を説明する。図64に示すように、光ノード装置1～8からなる光ネットワークを網制御装置410は一括制御する。すなわち、各光ノード装置1～8は、網制御装置410と通信を行うことにより、自光ノード装置が光ネットワーク上で割当てられた役割を認識し、当該役割に相当する機能を発動する。また、網制御装置410は、各光ノード装置1～8からの様々な情報を集約して保持し、当該集約された情報に基づき光ネットワーク運営上必要な様々な計算および処理を実行する。

ここでは、網制御装置410の3R区間情報生成の実施例を説明する。トポロジ情報保持部411には、図64に示した光ネットワークのトポロジ情報が保持されている。当該情報は、定期的に更新される。あるいは、トポロジに変更が生じる毎に更新される。続いて、このトポロジ情報上に、入力されたホップ数情報に基づき指定された光ノード装置を3R発ノードとする3R区間の推定情報を作成する。図65の例では、ホップ数情報が“2”で、3R発ノードが光ノード装置1である。

これにより、3 R 区間情報作成部 4 1 2 のトポロジ情報上には、 $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ 、 $1 \rightarrow 4 \rightarrow 6$ 、 $1 \rightarrow 5 \rightarrow 7$  の 3 つの 3 R 区間の推定情報が作成される。続いて、3 R 区間情報変更部 4 1 3 では、変更を希望する 3 R 区間の推定情報の変更情報が入力される。図 6 4 の例では、3 R 区間  $1 \rightarrow 5 \rightarrow 7$  を  $1 \rightarrow 5 \rightarrow 7 \rightarrow 8$  に変更するように指示が入力される。このような変更指示は、例えば、区間  $1 \rightarrow 5 \rightarrow 7 \rightarrow 8$  を頻繁に利用するユーザが区間  $1 \rightarrow 5 \rightarrow 7 \rightarrow 8$  は 3 R 区間であることを実測により確認した場合に行われる。

このようにして変更された 3 R 区間情報は、3 R 区間情報通知部 4 1 4 により各光ノード装置 1 ~ 8 に通知される。この通知は、3 R 区間情報に変更が生じる毎に行われてもよいし、あるいは、各光ノード装置 1 ~ 8 が必要に応じて網制御装置 4 1 0 に通知を要求してもよい。

ここで、3 R 区間情報作成部 4 1 2 に入力されるホップ数情報の決め方について説明する。当該ホップ数情報は、3 R 区間を推定し、そのホップ数で決定するが、第 2 1 実施例では、当該ホップ数情報を自動的に算出する機能を有する保守者装置について説明する。

第 2 1 実施例の保守者装置は、図 6 6 に示すように、ホップ数の情報を生成するホップ数情報生成部 4 4 5 と、光ネットワークのトポロジ情報を当該光ネットワークで使用される光ファイバ種類および波長帯の情報と共に保持するパラメータテーブル 4 4 0 と、光ファイバ種類および波長帯と単位区間当りの光信号の劣化度合いとの関係を記録した劣化度合テーブル 4 5 0 とを備え、ホップ数情報生成部 4 4 5 は、パラメータテーブル 4 4 0 を参照して得たトポロジ情報上における光ファイバ種類および波長帯の情報と劣化度合テーブル 4 5 0 に記録された光ファイバ種類および波長帯と単位区間当りの光信号の劣化度合いとを対照して前記ホップ数の情報を生成する。

次に、第 2 1 実施例の保守者装置の動作を説明する。ホップ数情報生成部 4 4 5 は、トポロジ情報を参照し、例えば、光ノード装置 1 を 3 R 発ノードとした場合の 3 R 区間を推定する。この推定には、パラメータテーブル 4 4 0 および劣化度合テーブル 4 5 0 が用いられる。

ここで、光ノード装置 1 を 3 R 発ノードとした場合のホップ数推定手順を説明

する。光ノード装置 1 から、例えば、光ノード装置 4 への光パスが設定されたと想定すると、パラメータテーブル 440 から当該光パスが設定された光ファイバ種類は D であり、波長帯は L である。つぎに、劣化度合テーブル 450 を参照して光ファイバ種類 D と波長帯 L との組合せの劣化度合いを調べる。その結果は “-1” である。

続いて、光ノード装置 4 から光ノード装置 6 への光パスが設定されたと想定すると、パラメータテーブル 440 から当該光パスが設定された光ファイバ種類は B であり、波長帯は L である。つぎに、劣化度合テーブル 450 を参照して光ファイバ種類 B と波長帯 L との組合せの劣化度合いを調べる。その結果は “-4” である。ここまでの結果から光ノード装置 1 から光ノード装置 6 までの劣化度合いは “-5” である。

続いて、光ノード装置 6 から光ノード装置 8 への光パスが設定されたと想定すると、パラメータテーブル 440 から当該光パスが設定された光ファイバ種類は C であり、波長帯は L である。つぎに、劣化度合テーブル 450 を参照して光ファイバ種類 C と波長帯 L との組合せの劣化度合いを調べる。その結果は “-2” である。ここまでの結果から光ノード装置 1 から光ノード装置 8 までの劣化度合いは “-7” である。

ここで、例えば、劣化度合いが “-5” までは 3 R 中継を必要としないことがわかっていれば、光ノード装置 1 → 4 → 6 までは 3 R 中継を必要としないことがわかる。このようにして得られた結果から 3 R 区間のホップ数を推定し、これを網制御装置 410 の 3 R 区間情報作成部 412 に与える。

ここまでの第 21 実施例の説明は、単方向光パスあるいは双方向光パスの下り光パスを想定した説明であるが、上り光パスについても下り光パスと同様の手順で 3 R 区間情報を生成できることは容易に類推できるので詳細な説明は省略する。

#### (第 22 実施例)

第 22 実施例を第 17 実施例で参照した図 51 ならびに図 67 ないし図 70 を参照して説明する。図 67 および図 69 は第 22 実施例の網制御装置のブロック構成図である。図 68 および図 70 は第 22 実施例の網制御装置からの指示に基



づき実測を行う光ノード装置を説明するための図である。本実施例の実測部のブロック構成図は図51と同様である。

第22実施例の網制御装置410は、図67に示すように、光ネットワークのトポロジ情報を保持するトポロジ情報保持部411と、入力されたホップ数情報に基づき指定された光ノード装置1を3R発ノードとする3R区間の推定情報を前記トポロジ情報上に作成する3R区間情報作成部412と、この3R区間情報作成部412により作成された前記トポロジ情報上の3R区間の推定情報に対応する前記光ネットワーク上の区間に試験用光パスを設定するように光ノード装置1～8に指示する試験用光パス設定部415と、この試験用光パス設定部415により光ノード装置1～8が設定した前記試験用光パスによる光信号劣化度合いの実測結果を収集する実測データ収集部416と、この実測データ収集部416により収集された前記光信号劣化度合いの実測結果に基づき3R区間情報作成部412により作成された前記トポロジ情報上の3R区間の推定情報の一部または全部を変更する3R区間情報変更部413と、この3R区間情報変更部413により変更された前記トポロジ情報上の3R区間の情報を光ノード装置1～8に通知する3R区間情報通知部414とを備えたことを特徴とする。

次に、第22実施例の網制御装置410の動作を説明する。図64に示すように、光ノード装置1～8からなる光ネットワークを網制御装置410は一括制御する。すなわち、各光ノード装置1～8は、網制御装置410と通信を行うことにより、自光ノード装置が光ネットワーク上で割当てられた役割を認識し、当該役割に相当する機能を発動する。また、網制御装置410は、各光ノード装置1～8からの様々な情報を集約して保持し、当該集約された情報に基づき光ネットワーク運営上必要な様々な計算および処理を実行する。

ここでは、網制御装置410の3R区間情報生成の実施例を説明する。トポロジ情報保持部411には、図64に示した光ネットワークのトポロジ情報が保持されている。当該情報は、定期的に更新される。あるいは、トポロジに変更が生じる毎に更新される。続いて、このトポロジ情報上に、入力されたホップ数情報に基づき指定された光ノード装置を3R発ノードとする3R区間の推定情報を作成する。図67の例では、ホップ数情報が“3”で、3R発ノードが光ノード装

置 1 である。

これにより、3 R 区間情報作成部 4 1 2 のトポロジ情報上には、1 → 2 → 3、1 → 4 → 6 → 8、1 → 5 → 7 → 8 の 3 つの 3 R 区間の推定情報が作成される。続いて、試験用光パス設定部 4 1 5 では、3 R 区間情報作成部 4 1 2 により作成された 3 R 区間に実際に試験用光パスを設定して実測を行うように、光ノード装置 1 ～ 8 に指示する。

図 6 8 を参照して光ノード装置 1、4、6、8 における 3 R 区間実測手順を説明する。各光ノード装置 1、4、6、8 の制御系 4 1 7 に、試験用光パス設定部 4 1 5 からの指示が到着すると、各光ノード装置 1、4、6、8 は自己の役割を認識して機能を発動する。すなわち、光ノード装置 1 は、自己が 3 R 発ノードであり、光ノード装置 8 までの試験用光パスを設定することを認識し、隣接する光ノード装置 4 までの試験用光パス設定に必要なリソースを確保し、光ノード装置 4 に対して試験用光パスの設定要求を行う。光ノード装置 4 は、光ノード装置 1 からの試験用光パス設定要求を受け取り、光ノード装置 6 までの試験用光パス設定に必要なリソースを確保し、光ノード装置 6 に対して試験用光パス設定要求を行う。光ノード装置 6 は、光ノード装置 4 からの試験用光パス設定要求を受け取り、光ノード装置 8 までの試験用光パス設定に必要なリソースを確保し、光ノード装置 8 に対して試験用光パス設定要求を行う。光ノード装置 8 では、光ノード装置 6 からの試験用光パス要求を受け取り、光ノード装置 6 との間の試験用光パス設定を行い、当該設定が完了した旨を知らせる試験用光パス設定完了通知を光ノード装置 6 に対して行う。光ノード装置 6 は、光ノード装置 8 からの試験用光パス設定完了通知を受け取り、光ノード装置 4 との間の試験用光パス設定を行い、当該設定が完了した旨を知らせる試験用光パス設定完了通知を光ノード装置 4 に対して行う。光ノード装置 4 は、光ノード装置 6 からの試験用光パス設定完了通知を受け取り、光ノード装置 1 との間の試験用光パス設定を行い、当該設定が完了した旨を知らせる試験用光パス設定完了通知を光ノード装置 1 に対して行う。これらの試験用光パス設定は、光パス設定部 4 1 9 により行われる。

光ノード装置 1 は、光ノード装置 4 からの試験用光パス設定完了通知を受け取り、光ノード装置 8 までの試験用光パスが設定されたことを認識し、当該試験用

光パスに実測部 4 1 8 の送信器 (TX) から試験用光信号を送出する。この試験用光信号は、各光ノード装置 4、6、8 の実測部 4 1 8 の受信器 (RX) により受信される。試験用光信号を受信した各光ノード装置 4、6、8 の実測部 4 1 8 は、当該試験用光信号の劣化度合いを判定し、その結果を光ノード装置 1 の制御系 4 1 7 に通知する。この通知を受けた光ノード装置 1 の制御系 4 1 7 は、光ノード装置 4、6 までは 3 R 中継を必要としないことを認識し、その実測結果を網制御装置 4 1 0 に通知する。光ノード装置 1 は、同様に、区間 1→2→3、区間 1→5→7→8 についても実測を行う。

実測部 4 1 8 は、図 5 1 を参照して説明したように、光ノイズ観測部 2 2 5 および光強度観測部 2 2 6 により、それぞれ光信号の光ノイズおよび光強度を実測する。この実測結果は、実測データ生成部 2 3 1 により集約される。なお、他実施例における実測部 4 1 8 も同様の構成である。

網制御装置 4 1 0 の実測データ収集部 4 1 6 は、光ノード装置 1 から通知される実測結果を収集し、3 R 区間情報変更部 4 1 3 に伝達する。3 R 区間情報変更部 4 1 3 は、3 R 区間情報作成部 4 1 2 が作成した 3 R 区間の推定情報に対し、実測データ収集部 4 1 6 から伝達された実測結果により変更を行う。その結果、3 R 区間 1→4→6→8 は、1→4→6 に変更される。3 R 区間情報変更部 4 1 3 により変更された 3 R 区間情報は、3 R 区間情報通知部 4 1 4 により光ノード装置 1～8 に通知される。この通知は、3 R 区間情報に変更が生じる毎に行われてもよいし、あるいは、各光ノード装置 1～8 が必要に応じて網制御装置 4 1 0 に通知を要求してもよい。

ここまでの第 2 2 実施例の説明は、単方向光パスまたは双方向光パスの下り光パスを想定した場合の説明である。続いて、上り光パスを想定した場合について図 6 9 および図 7 0 を参照して説明する。図 6 4 に示すように、光ノード装置 1～8 からなる光ネットワークを網制御装置 4 1 0 は一括制御する。すなわち、各光ノード装置 1～8 は、網制御装置 4 1 0 と通信を行うことにより、自光ノード装置が光ネットワーク上で割当てられた役割を認識し、当該役割に相当する機能を発動する。また、網制御装置 4 1 0 は、各光ノード装置 1～8 からの様々な情報を集約して保持し、当該集約された情報に基づき光ネットワーク運営上必要な

様々な計算および処理を実行する。

ここでは、網制御装置 410 の 3R 区間情報生成の実施例を説明する。トポロジ情報保持部 411 には、図 64 に示した光ネットワークのトポロジ情報が保持されている。当該情報は、定期的に更新される。あるいは、トポロジに変更が生じる毎に更新される。続いて、このトポロジ情報上に、入力されたホップ数情報に基づき指定された光ノード装置を 3R 発ノードとする 3R 区間の推定情報を作成する。図 69 の例では、ホップ数情報が“3”で、3R 発ノードが光ノード装置 3 および 8 である。

これにより、3R 区間情報作成部 412 のトポロジ情報上には、 $3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$ 、 $8 \rightarrow 6 \rightarrow 4 \rightarrow 1$ 、 $8 \rightarrow 7 \rightarrow 5 \rightarrow 1$  の 3 つの 3R 区間の推定情報が作成される。続いて、試験用光パス設定部 415 では、3R 区間情報作成部 412 により作成された 3R 区間に実際に試験用光パスを設定して実測を行うように、光ノード装置 1～8 に指示する。

図 70 を参照して光ノード装置 1、4、6、8 における 3R 区間実測手順を説明する。各光ノード装置 1、4、6、8 の制御系 417 に、試験用光パス設定部 415 からの指示が到着すると、各光ノード装置 1、4、6、8 は自己の役割を認識して機能を発動する。すなわち、光ノード装置 1 は、自己が上り光パスの 3R 着ノードであり、光ノード装置 8 までの試験用光パスを設定することを認識し、隣接する光ノード装置 4 までの試験用光パス設定に必要なリソースを確保し、光ノード装置 4 に対して試験用光パスの設定要求を行う。光ノード装置 4 は、光ノード装置 1 からの試験用光パス設定要求を受け取り、光ノード装置 6 までの試験用光パス設定に必要なリソースを確保し、光ノード装置 6 に対して試験用光パス設定要求を行う。光ノード装置 6 は、光ノード装置 4 からの試験用光パス設定要求を受け取り、光ノード装置 8 までの試験用光パス設定に必要なリソースを確保し、光ノード装置 8 に対して試験用光パス設定要求を行う。光ノード装置 8 では、光ノード装置 6 からの試験用光パス要求を受け取り、光ノード装置 6 との間の試験用光パス設定を行い、当該設定が完了した旨を知らせる試験用光パス設定完了通知を光ノード装置 6 に対して行う。光ノード装置 6 は、光ノード装置 8 からの試験用光パス設定完了通知を受け取り、光ノード装置 4 との間の試験用光パ

ス設定を行い、当該設定が完了した旨を知らせる試験用光パス設定完了通知を光ノード装置4に対して行う。光ノード装置4は、光ノード装置6からの試験用光パス設定完了通知を受け取り、光ノード装置1との間の試験用光パス設定を行い、当該設定が完了した旨を知らせる試験用光パス設定完了通知を光ノード装置1に対して行う。これらの試験用光パス設定は、光パス設定部419により行われる。

光ノード装置1は、光ノード装置4からの試験用光パス設定完了通知を受け取り、光ノード装置8までの試験用光パスが設定されたことを認識する。続いて、光ノード装置1は光ノード装置8に対して試験用光信号の送出を要求する。この要求を受け取った光ノード装置8は、試験用上り光パスに実測部418の送信器(TX)から試験用光信号を送出する。この試験用光信号は、各光ノード装置6、4、1の実測部418の受信器(RX)により受信される。試験用光信号を受信した各光ノード装置6、4の実測部418は、当該試験用光信号の劣化度合いを判定し、その結果を光ノード装置1の制御系417に通知する。この通知を受けた光ノード装置1の制御系417は、光ノード装置4、6では3R中継を必要としないが、自己(光ノード装置1)が受信した試験用光信号は劣化が多く、3R中継を必要とすることを認識し、その実測結果を網制御装置410に通知する。光ノード装置1は、同様に、区間3→2→1、区間8→7→5→1についても実測を行う。

網制御装置410の実測データ収集部416は、光ノード装置1から通知される実測結果を収集し、3R区間情報変更部413に伝達する。3R区間情報変更部413は、3R区間情報作成部412が作成した3R区間の推定情報に対し、実測データ収集部416から伝達された実測結果により変更を行う。その結果、3R区間8→6→4→1は、6→4→1に変更される。3R区間情報変更部413により変更された3R区間情報は、3R区間情報通知部414により光ノード装置1～8に通知される。この通知は、3R区間情報に変更が生じる毎に行われてもよいし、あるいは、各光ノード装置1～8が必要に応じて網制御装置410に通知を要求してもよい。

このように、第22実施例の網制御装置410は、最初に3R区間情報作成部

4 1 2に与えられたホップ数の推定値に対して実測を行い、変更を加えることにより、最終的に正確な3 R区間情報を得ることができる。したがって、3 R区間情報作成部4 1 2に与えるホップ数の推定値としては、3 R区間とすることが可能と推定される最大値を与えることが望ましい。あるいは、当該最大値を多少超えたホップ数を与えておき、実測による修正を期待してもよい。これにより、可能な限り大きな3 R区間を光ネットワーク上に設定することができ、必要最小数あるいは必要最小能力の3 R中継器を用いてネットワークリソースの有効利用を図り、経済的な光ネットワークを構成することができる。

(第2 3実施例)

第2 3実施例を図7 1および図7 2を参照して説明する。図7 1は第2 3実施例の網制御装置の要部ブロック構成図である。図7 2は第2 3実施例の網制御装置におけるトラヒック需要情報収集を説明するための図である。

第2 3実施例の網制御装置4 1 0は、図7 1に示すように、光ネットワークのトポロジ情報を保持するトポロジ情報保持部4 1 1と、光ネットワークに設定された3 R区間を当該トポロジ情報に対応して保持する3 R区間情報保持部4 2 0と、光ネットワーク内のトラヒック需要情報を収集するトラヒック需要情報収集部4 2 1と、このトラヒック需要情報収集部4 2 1により収集されたトラヒック需要情報に基づきトラヒック需要が増加した区間の内で3 R区間情報保持部4 2 0の情報を参照して未だ3 R区間情報が生成されていない区間を保守者に通知する3 R区間情報追加要求部4 2 2とを備えたことを特徴とする。

次に、第2 3実施例の網制御装置4 1 0の動作を説明する。第2 3実施例の網制御装置4 1 0は、3 R区間情報保持部4 2 0に、既に得られた光ネットワーク上の3 R区間情報を保持している。各光ノード装置1～8は、自己に接続されたリンクにおけるトラヒックを測定しており、トラヒック需要情報収集部4 2 1は、光ノード装置1～8から通知される各光ノード装置1～8に接続されたリンクにおけるトラヒック需要情報を収集する。なお、各光ノード装置1～8におけるトラヒック測定に関しては既知の技術であるので、詳細な説明は省略する。このトラヒック需要情報は、3 R区間情報追加要求部4 2 2に伝達される。

いま、3 R区間情報追加要求部4 2 2が、図7 2に示すように、区間1→4→

5におけるトラヒック需要が増加していることを察知した場合に、3 R 区間情報保持部 4 2 0 を参照し、区間 1 → 4 → 5 の 3 R 区間情報が無いことが判明したときには、当該区間 1 → 4 → 5 における 3 R 区間情報を保守者に対して要求する。この要求を受けた保守者は、例えば、第 2 1 または第 2 2 実施例で説明した網制御装置の機能を利用して 3 R 区間情報を生成する。

ここまでの第 2 3 実施例の説明は、単方向光パスあるいは双方向光パスの下り光パスを想定した説明であるが、上り光パスについても下り光パスと同様の手順で 3 R 区間情報を生成できることは容易に類推できるので詳細な説明は省略する。

#### (第 2 4 実施例)

第 2 4 実施例の網制御装置を図 7 2 および図 7 3 を参照して説明する。図 7 2 は第 2 4 実施例の網制御装置におけるトラヒック需要情報収集を説明するための図であり、第 2 3 実施例と共通である。図 7 3 は第 2 4 実施例の網制御装置の要部ブロック構成図である。

第 2 4 実施例の網制御装置 4 1 0 は、図 7 3 に示すように、光ネットワークのトポロジ情報を保持するトポロジ情報保持部 4 1 1 と、光ネットワークに設定された 3 R 区間を当該トポロジ情報に対応して保持する 3 R 区間情報保持部 4 2 0 と、光ネットワーク内のトラヒック需要情報を収集するトラヒック需要情報収集部 4 2 1 と、このトラヒック需要情報収集部 4 2 1 により収集されたトラヒック需要情報に基づきトラヒック需要が増加した区間の内で 3 R 区間情報保持部 4 2 0 を参照して未だ 3 R 区間情報が生成されていない区間の 3 R 区間情報を新たに生成する試験用光パス設定部 4 1 5、実測データ収集部 4 1 6、3 R 区間情報変更部 4 1 3 とを備えたことを特徴とする。

次に、第 2 4 実施例の網制御装置 4 1 0 の動作を説明する。第 2 4 実施例の網制御装置 4 1 0 は、3 R 区間情報保持部 4 2 0 に、既に得られた光ネットワーク上の 3 R 区間情報を保持している。各光ノード装置 1 ～ 8 は、自己に接続されたリンクにおけるトラヒックを測定しており、トラヒック需要情報収集部 4 2 1 は、光ノード装置 1 ～ 8 から通知される各光ノード装置 1 ～ 8 に接続されたリンクにおけるトラヒック需要情報を収集する。なお、各光ノード装置 1 ～ 8 における

トラヒック測定に関しては既知の技術であるので、詳細な説明は省略する。このトラヒック需要情報は、試験用光パス設定部 4 1 5 に伝達される。

いま、試験用光パス設定部 4 1 5 が、図 7 2 に示すように、区間 1 → 4 → 5 におけるトラヒック需要が増加していることを察知した場合に、3 R 区間情報保持部 4 2 0 を参照し、区間 1 → 4 → 5 の 3 R 区間情報が無いことが判明したときには、光ノード装置 1、4、5 に試験用光パス設定および 3 R 区間情報の実測を指示する。実測データ収集部 4 1 6 は、光ノード装置 1、4、5 からの 3 R 区間情報の実測結果を収集する。当該実測結果が区間 1 → 4 → 5 を 3 R 区間とすることが可能であることを示しているときには、3 R 区間情報変更部 4 1 3 に対して区間 1 → 4 → 5 を新たな 3 R 区間とするように指示する。3 R 区間情報変更部 4 1 3 は、当該指示を受けると 3 R 区間情報を変更し、3 R 区間情報保持部 4 2 0 に対して 3 R 区間情報の変更を指示すると共に、3 R 区間情報通知部 4 1 4 に当該変更内容を伝達する。3 R 区間情報通知部 4 1 4 は、各光ノード装置 1 ~ 8 に当該変更内容を通知する。

ここまでの第 2 4 実施例の説明は、単方向光パスあるいは双方向光パスの下り光パスを想定した説明であるが、上り光パスについても下り光パスと同様の手順で 3 R 区間情報を生成できることは容易に類推できるので詳細な説明は省略する。

#### (第 2 5 実施例)

第 2 5 実施例の光ノード装置を図 7 4 および図 7 5 を参照して説明する。図 7 4 および図 7 5 は第 2 5 実施例の光ノード装置の要部ブロック構成および動作を説明するための図である。第 2 5 実施例の光ノード装置は、図 7 4 に示すように、自己に到着する光信号の劣化状態を検出する実測部 4 1 8 と、この実測部 4 1 8 の検出結果が信号劣化を検出したときには自己の一つ前のホップに相当する隣接光ノード装置に当該光ノード装置が 3 R 着ノードであると共に次 3 R 区間の 3 R 発ノードであることを通知する制御系 4 1 7 と、自己が次ホップの隣接光ノード装置の制御系 4 1 7 からの通知を受け取ったときには自己が 3 R 着ノードであると共に次 3 R 区間の 3 R 発ノードであると認識する 3 R 中継部 4 2 4 と、自己が保持する 3 R 区間情報を当該認識結果に基づき更新する 3 R 区間情報保持部 4



23とを備えたことを特徴とする。

次に、第25実施例の光ノード装置の動作を説明する。第25実施例の光ノード装置は、光ノード装置相互間の広告により光ネットワーク全体の3R区間情報を3R区間情報保持部423に保持している。また、自己を経由する光パスが設定されているときには、当該光パスを伝送される光信号を実測部418に分岐入力し、その信号劣化状態を観測している。いま、光ノード装置#4で、光信号の劣化が検出されたとすると、光ノード装置#4は、光ノード装置#3に対して光ノード装置#3が3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードであることを通知する。この通知を受けた光ノード装置#3では、自己を経由する光パスを3R中継部424に導き、3R中継を施す。さらに、光ノード装置#3の制御系417は、自己が3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードであることを他光ノード装置に広告する。当該広告を受け取った光ノード装置の3R区間情報保持部423は、自己が保持している3R区間情報を更新する。

ここまでの第25実施例の説明は、単方向光パスまたは双方向光パスの下り光パスを想定した場合の説明である。続いて、上り光パスを想定した場合について図75を参照して説明する。第25実施例の光ノード装置は、図75に示すように、自己に到着する上り光パスの光信号の劣化状態を検出する実測部418と、この実測部418の検出結果が信号劣化を検出したときには自己の次ホップに相当する隣接光ノード装置に当該光ノード装置が上り光パスにおける3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードであることを通知する制御系417と、自己が前ホップの隣接光ノード装置の制御系417からの通知を受け取ったときには自己が上り光パスにおける3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードであることを認識する3R中継部424と、自己が保持する3R区間情報を当該認識結果に基づき更新する3R区間情報保持部423とを備えたことを特徴とする。

次に、第25実施例の光ノード装置の動作を説明する。第25実施例の光ノード装置は、光ノード装置相互間の広告により光ネットワーク全体の3R区間情報を3R区間情報保持部423に保持している。また、自己を経由する上り光パスが設定されているときには、当該上り光パスを伝送される光信号を実測部418

に分岐入力し、その信号劣化状態を観測している。いま、光ノード装置#1で、光信号の劣化が検出されたとすると、光ノード装置#1は、光ノード装置#2に対して光ノード装置#2が上り光パスにおける3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードであることを通知する。この通知を受けた光ノード装置#2では、自己を経由する上り光パスを3R中継部424に導き、3R中継を施す。さらに、光ノード装置#2の制御系417は、自己が3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードであることを他光ノード装置に広告する。当該広告を受け取った光ノード装置の3R区間情報保持部423は、自己が保持している3R区間情報を更新する。

このように、あらかじめ設定されている3R区間に変化が生じる状況を説明すると、例えば、一つの光ノード装置に新規の光パスが多数設定された場合に、既設の光パスが新設された光パスの影響によるクロストークや非線形効果などによるノイズを受ける場合があり、このような場合には、3R区間に変化が生じる。第25実施例では、このような3R区間の変化に柔軟に対応することができる。

なお、各光ノード装置がそれぞれ3R中継部424を有しているのであれば、従来と比較してネットワークリソースの有効利用が図れるのかという懸念が生じるが、従来は、全ての光ノード装置が等しく3R中継を行っているのに対し、第25実施例では、選ばれた光ノード装置のみが3R中継を行っているものであり、3R中継負荷は複数の光ノード装置に分散されるので、ネットワークリソースの有効利用を図ることができる。

すなわち、各光ノード装置の3R中継部424は、ほとんどの場合に、自己を経由する光パスの一部だけを3R中継すればよいのである。これに対し、従来は、各光ノード装置の3R中継部424は、自己を経由する光パスの全部に対して3R中継を行う必要があった。したがって、3R中継部424の規模は従来と比較して小さな規模で対応できるため、ネットワークリソースの有効利用および低コスト化を図ることができる。

#### (第26実施例)

第26実施例の光ノード装置を図76ないし図78を参照して説明する。図76は第26実施例の出力側に光スイッチ部を備えた光ノード装置のブロック構成

図である。図 77 は第 26 実施例の入力側に光スイッチ部を備えた光ノード装置のブロック構成図である。図 78 は第 26 実施例のトランク型の 3 R 中継部を備えた光ノード装置のブロック構成図である。

第 26 実施例の光ノード装置は、自己に到着する光信号の劣化状態を検出する実測部 418 と、この実測部 418 の検出結果が信号劣化を検出したときには自己が 3 R 着ノードであると共に次 3 R 区間の 3 R 発ノードであると認識する 3 R 中継部 424 と、自己が保持する 3 R 区間情報を当該認識結果に基づき更新する 3 R 区間情報保持部 423 とを備えたことを特徴とする。

第 25 実施例では、光信号の劣化を検出した光ノード装置が自己の前ホップの光ノード装置に対して当該光ノード装置が 3 R 着ノードであると共に次 3 R 区間の 3 R 発ノードであることを通知するのに対し、第 26 実施例では、光信号の劣化を検出した光ノード装置自身が自己が 3 R 着ノードであると共に次 3 R 区間の 3 R 発ノードであることを認識するので、第 26 実施例において検出される光信号の劣化度合いは、第 25 実施例において検出される光信号の劣化度合いと比較すると少ない劣化度合いである。すなわち、第 25 実施例における光信号の劣化度合いは、3 R 中継によって再生し得ない程度の著しい劣化であってもその前ホップの光ノード装置が 3 R 中継を行うのであるから問題はない。これに対し、第 26 実施例における光信号の劣化度合いは、自身の 3 R 中継によって再生し得る程度でなければならない。

次に、第 26 実施例の光ノード装置の動作を説明する。図 76 に示す光ノード装置は、実測部 418 が入力された光信号の劣化を検出すると、その検出結果は制御系 417 に伝達される。制御系 417 は、セレクタ 427 に指示を出して、入力された光信号を 3 R 中継部 424 に接続する。これにより、光スイッチ部 428 には、3 R 中継部 424 を経由して 3 R 中継が施された光信号が入力される。また、3 R 区間情報保持部 423 は、自己が 3 R 着ノードであると共に次 3 R 区間の 3 R 発ノードであることを認識し、これまで保持していた 3 R 区間情報を更新する。なお、第 25 実施例で説明したように、更新された 3 R 区間情報を他光ノード装置に広告する構成としてもよい。

図 77 に示す光ノード装置は、光スイッチ部 428 から出力される光信号の劣

化を実測部 4 1 8 が検出すると、その検出結果は制御系 4 1 7 に伝達される。制御系 4 1 7 は、セクタ 4 2 7 に指示を出して、入力された光信号を 3 R 中継部 4 2 4 に接続する。これにより、3 R 中継部 4 2 4 を経由して 3 R 中継が施された光信号が出力される。また、3 R 区間情報保持部 4 2 3 は、自己が 3 R 中継を行う光ノード装置になったことを認識し、これまで保持していた 3 R 区間情報を更新する。なお、第 2 5 実施例で説明したように、更新された 3 R 区間情報を他光ノード装置に広告する構成としてもよい。

図 7 8 に示す光ノード装置は、実測部 4 1 8 が入力された光信号の劣化を検出すると、その検出結果は制御系 4 1 7 に伝達される。制御系 4 1 7 は、光スイッチ部 4 2 8 に指示を出して、入力された光信号を 3 R 中継部 4 2 4 に接続する。これにより、光スイッチ部 4 2 8 からいったん出力された光信号は、3 R 中継部 4 2 4 を経由して 3 R 中継された光信号が再び光スイッチ部 4 2 8 に入力される。光スイッチ部 4 2 8 は、3 R 中継された光信号を目的方路にスイッチングする。また、3 R 区間情報保持部 4 2 3 は、自己が 3 R 中継を行う光ノード装置になったことを認識し、これまで保持していた 3 R 区間情報を更新する。なお、第 2 5 実施例で説明したように、更新された 3 R 区間情報を他光ノード装置に広告する構成としてもよい。

ここまでの第 2 6 実施例の説明は、単方向光パスあるいは双方向光パスの下り光パスを想定した説明であるが、上り光パスについても下り光パスと同様の手順で 3 R 区間情報を生成できることは容易に類推できるので詳細な説明は省略する。

すなわち、自己に到着する上り光パスの光信号の劣化状態を検出する実測部 4 1 8 と、この実測部 4 1 8 の検出結果が信号劣化を検出したときには自己が上り光パスにおける 3 R 着ノードであると共に次 3 R 区間の 3 R 発ノードであると認識する制御系 4 1 7 と、自己が保持する 3 R 区間情報を当該認識結果に基づき更新する 3 R 区間情報保持部 4 2 3 とを備えたことを特徴とする。

#### (第 2 7 実施例)

第 2 7 実施例の光ノード装置を図 7 9 ないし図 8 2 を参照して説明する。図 7 9 および図 8 1 は第 2 7 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報収集の概念

を示す図である。図 80 および図 82 は第 27 実施例の光ノード装置における 3 R 区間情報収集手順を示す図である。

第 27 実施例の光ノード装置は、光信号を交換接続し、自己から着ノードまでの経路上の 3 R 区間情報を生成する光ノード装置であって、図 79 に示すように、前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から 1 ホップずつ順番に光パスが設定される毎に試験用光信号を送出する手段と、この送出手段により前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から 1 ホップずつ順番に試験用光信号が送出手段に受信した最遠端の他光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を受け取る手段と、この受け取る手段により受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の他光ノード装置の一つ前ホップに相当する他光ノード装置に対して当該他光ノード装置が 3 R 着ノードであると共に次 3 R 区間の 3 R 発ノードであることを通知する手段とを 3 R 区間情報収集部 429 に備え、当該通知を受け取った前記他光ノード装置は、前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から 1 ホップずつ順番に光パスが設定される毎に試験用光信号を送出手段と、この送出手段により前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から 1 ホップずつ順番に試験用光信号が送出手段に受信した最遠端の他光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を受け取る手段と、この受け取る手段により受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の他光ノード装置の一つ前ホップに相当する他光ノード装置に対して当該他光ノード装置が 3 R 着ノードであると共に次 3 R 区間の 3 R 発ノードであることを通知する手段とを 3 R 区間情報収集部 429 に備えたことを特徴とする。実際には、各光ノード装置に 3 R 区間情報収集部 429 を備えており、自己が発ノードあるいは 3 R 発ノードになったときには、上記の各手段の機能を発動させる。

次に、第 27 実施例の光ノード装置の動作を説明する。図 80 に示す 3 R 区間情報収集手順は、3 R 区間情報収集部 429 により実行される。ここでは、光ノ

ード装置#1が3R発ノードとなり、光パスを設定しながら3R区間情報を生成する過程を例にとって説明する。図80に示すように、光ノード装置#1の3R区間情報収集部429では、自己から1ホップ先の光ノード装置#2に対して光パスを設定する(ステップ201、ステップ202)。図79では、光ノード装置#1は光パス設定要求(PATH)を光ノード装置#2に送出する。光ノード装置#2は、光パス設定要求(PATH)を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して光パス設定完了通知(RESV)を送出する。これにより光ノード装置#1と#2との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された光パスに対して試験用光信号(LIGHT)を送出し(ステップ203)、光ノード装置#2からの試験用光信号劣化状況報告(RESULT)を受信する(ステップ204)。光ノード装置#2からの試験用光信号劣化状況報告には、劣化が検出されていないので(ステップ205)、光ノード装置#1は、自己から2ホップ先の光ノード装置#3に対して光パスを設定する(ステップ206、ステップ202)。図79では、光ノード装置#1は光パス設定要求(PATH)を光ノード装置#2を経由して光ノード装置#3に送出する。光ノード装置#3は、光パス設定要求(PATH)を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して光パス設定完了通知(RESV)を光ノード装置#2を経由して送出する。これにより光ノード装置#1と#3との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された光パスに対して試験用光信号(LIGHT)を送出し(ステップ203)、光ノード装置#3からの試験用光信号劣化状況報告(RESULT)を受信する(ステップ204)。光ノード装置#3からの試験用光信号劣化状況報告には、劣化が検出されていないので(ステップ205)、光ノード装置#1は、自己から3ホップ先の光ノード装置#4に対して光パスを設定する(ステップ206、ステップ202)。図79では、光ノード装置#1は光パス設定要求(PATH)を光ノード装置#2および#3を経由して光ノード装置#4に送出する。光ノード装置#4は、光パス設定要求(PATH)を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光

ノード装置#1に対して光パス設定完了通知（RESV）を光ノード装置#3および#2を経由して送出する。これにより光ノード装置#1と#4との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された光パスに対して試験用光信号（LIGHT）を送出し（ステップ203）、光ノード装置#4からの試験用光信号劣化状況報告（RESULT）を受信する（ステップ204）。光ノード装置#4からの試験用光信号劣化状況報告には、劣化が検出されていないので（ステップ205）、光ノード装置#1は、自己から4ホップ先の光ノード装置#5に対して光パスを設定する（ステップ206、ステップ202）。図79では、光ノード装置#1は光パス設定要求（PATH）を光ノード装置#2、#3、#4を経由して光ノード装置#5に送出する。光ノード装置#5は、光パス設定要求（PATH）を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して光パス設定完了通知（RESV）を光ノード装置#4、#3、#2を経由して送出する。これにより光ノード装置#1と#5との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された光パスに対して試験用光信号（LIGHT）を送出し（ステップ203）、光ノード装置#5からの試験用光信号劣化状況報告（RESULT）を受信する（ステップ204）。光ノード装置#5からの試験用光信号劣化状況報告には、劣化が検出されていないので（ステップ205）、光ノード装置#1は、自己から5ホップ先の光ノード装置#6に対して光パスを設定する（ステップ206、ステップ202）。図79では、光ノード装置#1は光パス設定要求（PATH）を光ノード装置#2、#3、#4、#5を経由して光ノード装置#6に送出する。光ノード装置#6は、光パス設定要求（PATH）を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して光パス設定完了通知（RESV）を光ノード装置#5、#4、#3、#2を経由して送出する。これにより光ノード装置#1と#6との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された光パスに対して試験用光信号（LIGHT）を送出し（ステップ203）、光ノード装置#6からの試験用光信号劣

化状況報告 (RESULT) を受信する (ステップ204)。光ノード装置#6からの試験用光信号劣化状況報告には、劣化が検出されたので (ステップ205)、自己から4ホップ先の光ノード装置#5に対して光ノード装置#5が3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードであることを通知 (状態通知) する (ステップ207)。光ノード装置#5は光ノード装置#1からの通知を受け取ると光ノード装置#1に対して自己が3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードであることの承諾を応答する。

また、光ノード装置#5は、光ノード装置#1からの通知により (ステップ208)、自己が3R発ノードであると認識し、ステップ201からの手順を実行する。また、光ノード装置#1は、光ノード装置#5に、光ノード装置#5が3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードであることを通知し、他光ノード装置から、光ノード装置#1が3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードであるという通知を受けていないので処理を終了する。

このようにして、第27実施例では、光パス設定の過程において、3R中継を実施する光ノード装置を決定しながら3R区間情報を収集することができる。図79の例では、各光ノード装置#1~#7の全てにそれぞれ3R区間情報収集部429を備えたが、例えば、一つおきに備えるといった構成とすることもできる。また、本実施例では説明をわかりやすくするために、3R中継が不必要であると予想される光ノード装置#2あるいは#3に対しても試験用光信号を送出したが、これらの光ノード装置#2、#3に対しては、試験用光信号送出の手順を省くこともできる。あるいは、3R中継の必要があると予想される光ノード装置#5、#6に対してのみ、試験用光信号を送出してもよい。

ここまでの第27実施例の説明は、単方向光パスまたは双方向光パスの下り光パスを想定した場合の説明である。続いて、上り光パスを想定した場合について図81および図82を参照して説明する。第27実施例の光ノード装置は、発ノードから着ノードまでの経路上の3R区間情報を生成する光ノード装置であって、自己が発ノードであるときに着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次光パスを設定する3R区間情報収集部429を備え、この3R区間情報収集部429は、自己が



発ノードでないときに自己に光パスが設定されると上り光パスに試験用光信号を送出する手段を備え、また、この3 R 区間情報収集部 4 2 9 は、自己が発ノードであるときに前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する手段を備え、さらに、前記試験用光信号の送出元の光ノード装置の3 R 区間情報収集部 4 2 9 は、この通知に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには自己が上り光パスにおける3 R 発ノードであると共に前3 R 区間の3 R 着ノードであることを認識する手段を備え、さらに、自己が上り光パスにおける3 R 発ノードであると共に前3 R 区間の3 R 着ノードであることを認識した光ノード装置の3 R 区間情報収集部 4 2 9 は、自己から着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1 ホップずつ順次光パスを設定し、前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する手段を備えたことを特徴とする。実際には、各光ノード装置に3 R 区間情報収集部 4 2 9 を備えており、自己が発ノードまたは3 R 発ノードまたは3 R 着ノードになったときには、上記の各手段の機能を発動させる。

次に、第27実施例の光ノード装置の動作を説明する。図82に示す3 R 区間情報収集手順は、3 R 区間情報収集部 4 2 9 により実行される。ここでは、光ノード装置#1が上り光パスにおける3 R 着ノードとなり、光パスを設定しながら3 R 区間情報を生成する過程を例にとって説明する。図82に示すように、光ノード装置#1の3 R 区間情報収集部 4 2 9 では、自己から1 ホップ先の光ノード装置#2に対して光パスを設定する(ステップ211、ステップ212)。図81では、光ノード装置#1は光パス設定要求(PATH)を光ノード装置#2に送出する。光ノード装置#2は、光パス設定要求(PATH)を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して光パス設定完了通知(RESV)を送出する。これにより光ノード装置#1と#2との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された上り光パスからの試験用光信号(LIGHT)を受信し(ステップ213)、光ノード装置#2からの試験用光信号

劣化を実測してその実測結果 (RESULT) を光ノード装置 # 2 に報告する (ステップ 2 1 4)。光ノード装置 # 2 からの試験用光信号には、劣化が検出されていないので (ステップ 2 1 5)、光ノード装置 # 1 は、自己から 2 ホップ先の光ノード装置 # 3 に対して光パスを設定する (ステップ 2 1 6、ステップ 2 1 2)。図 8 1 では、光ノード装置 # 1 は光パス設定要求 (PATH) を光ノード装置 # 2 を経由して光ノード装置 # 3 に送出する。光ノード装置 # 3 は、光パス設定要求 (PATH) を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置 # 1 に対して光パス設定完了通知 (RESV) を光ノード装置 # 2 を経由して送出する。これにより光ノード装置 # 1 と # 3 との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置 # 1 は、設定された上り光パスからの試験用光信号 (LIGHT) を受信し (ステップ 2 1 3)、光ノード装置 # 3 からの試験用光信号劣化を実測してその実測結果 (RESULT) を光ノード装置 # 3 に報告する (ステップ 2 1 4)。光ノード装置 # 3 からの試験用光信号には、劣化が検出されていないので (ステップ 2 1 5)、光ノード装置 # 1 は、自己から 3 ホップ先の光ノード装置 # 4 に対して光パスを設定する (ステップ 2 1 6、ステップ 2 1 2)。図 8 1 では、光ノード装置 # 1 は光パス設定要求 (PATH) を光ノード装置 # 2 および # 3 を経由して光ノード装置 # 4 に送出する。光ノード装置 # 4 は、光パス設定要求 (PATH) を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置 # 1 に対して光パス設定完了通知 (RESV) を光ノード装置 # 3 および # 2 を経由して送出する。これにより光ノード装置 # 1 と # 4 との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置 # 1 は、設定された上り光パスからの試験用光信号 (LIGHT) を受信し (ステップ 2 1 3)、光ノード装置 # 4 からの試験用光信号劣化を実測しその実測結果 (RESULT) を光ノード装置 # 4 に報告する (ステップ 2 1 4)。光ノード装置 # 4 からの試験用光信号には、劣化が検出されていないので (ステップ 2 1 5)、光ノード装置 # 1 は、自己から 4 ホップ先の光ノード装置 # 5 に対して光パスを設定する (ステップ 2 1 6、ステップ 2 1 2)。図 8 1 では、光ノード装置 # 1 は光パス設定要求 (PATH) を光ノード装置

#2、#3、#4を経由して光ノード装置#5に送出する。光ノード装置#5は、光パス設定要求（PATH）を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して光パス設定完了通知（RESV）を光ノード装置#4、#3、#2を経由して送出する。これにより光ノード装置#1と#5との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された上り光パスからの試験用光信号（LIGHT）を受信し（ステップ213）、光ノード装置#5からの試験用光信号劣化を実測しその実測結果（RESULT）を光ノード装置#5に報告する（ステップ214）。光ノード装置#5からの試験用光信号には、劣化が検出されていないので（ステップ215）、光ノード装置#1は、自己から5ホップ先の光ノード装置#6に対して光パスを設定する（ステップ216、ステップ212）。図81では、光ノード装置#1は光パス設定要求（PATH）を光ノード装置#2、#3、#4、#5を経由して光ノード装置#6に送出する。光ノード装置#6は、光パス設定要求（PATH）を受けとると、当該光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して光パス設定完了通知（RESV）を光ノード装置#5、#4、#3、#2を経由して送出する。これにより光ノード装置#1と#6との間に光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された上り光パスからの試験用光信号（LIGHT）を受信し（ステップ213）、光ノード装置#6からの試験用光信号劣化を実測しその実測結果（RESULT）を光ノード装置#6に報告する（ステップ214）。光ノード装置#6からの試験用光信号には、劣化が検出されたので（ステップ215）、自己から4ホップ先の光ノード装置#5に対して光ノード装置#5が上り光パスにおける3R発ノードであると共に前3R区間の3R着ノードであることを通知（状態通知）する（ステップ217）。光ノード装置#5は光ノード装置#1からの通知を受け取ると光ノード装置#1に対して自己が上り光パスにおける3R発ノードであると共に前3R区間の3R着ノードであることの承諾を応答する。

また、光ノード装置#5は、光ノード装置#1からの通知により（ステップ218）、自己が3R発ノードであると認識し、ステップ211からの手順を実行

する。また、光ノード装置#1は、光ノード装置#5に、光ノード装置#5が3R発ノードであると共に前3R区間の3R着ノードであることを通知し、他光ノード装置から、光ノード装置#1が3R発ノードであると共に前3R区間の3R着ノードであるという通知を受けていないので処理を終了する。

なお、図81の例では、光ノード装置#1が上り光パスから到着する光ノード装置#2～#5の試験用光信号を受信した際に、劣化が検出されていない場合でも報告（RESULT）を行っているが、この報告は単に試験用光信号の受信確認としての役割しか持っていないので、この報告手順を省略してもよい。

このようにして、第27実施例では、光パス設定の過程において、3R中継を実施する光ノード装置を決定しながら3R区間情報を収集することができる。図81の例では、各光ノード装置#1～#7の全てにそれぞれ3R区間情報収集部429を備えたが、例えば、一つおきに備えるといった構成とすることもできる。また、本実施例では説明をわかりやすくするために、3R中継が不必要であると予想される光ノード装置#2あるいは#3に対しても試験用光信号を送出したが、これらの光ノード装置#2、#3に対しては、試験用光信号送出の手順を省くこともできる。あるいは、3R中継の必要があると予想される光ノード装置#5、#6に対してのみ、試験用光信号を送出してもよい。

#### （第28実施例）

第28実施例の光ノード装置を図83ないし図86を参照して説明する。図83および図85は第28実施例の光ノード装置における3R区間情報収集の概念を示す図である。図84および図86は第28実施例の光ノード装置における3R区間情報収集手順を示す図である。

第28実施例の光ノード装置は、自己から3R区間情報測定対象となる被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次試験用光パスを設定する手段と、この設定する手段により前記被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光パスが設定される毎に試験用光信号を送出する手段と、この送出する手段により前記被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光信号が送出

される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の他光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を受け取る手段と、この受け取る手段により受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の他光ノード装置の一つ前ホップに相当する他光ノード装置を3R着ノードであると共に次3R区間の3R発ノードとして認識する手段とを3R区間情報収集部430に備えたことを特徴とする。実際には、各光ノード装置に3R区間情報収集部430を備えており、自己の3R区間情報収集の必要に応じて上記の各手段の機能を発動させる。

次に、第28実施例の光ノード装置の動作を説明する。図84に示す3R区間情報収集手順は、3R区間情報収集部430により実行される。ここでは、光ノード装置#1が3R発ノードになったと想定した場合の3R区間情報を収集する過程を例にとって説明する。図83に示すように、光ノード装置#1の3R区間情報収集部430では、自己から1ホップ先の光ノード装置#2に対して試験用光パスを設定する(ステップ221、ステップ222)。図83では、光ノード装置#1は試験用光パス設定要求(PATH)を光ノード装置#2に送出する。光ノード装置#2は、試験用光パス設定要求(PATH)を受けとると、当該試験用光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して試験用光パス設定完了通知(RESV)を送出する。これにより光ノード装置#1と#2との間に試験用光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された試験用光パスに対して試験用光信号(LIGHT)を送出し(ステップ223)、光ノード装置#2からの試験用光信号劣化状況報告(RESULT)を受信する(ステップ224)。光ノード装置#2からの試験用光信号劣化状況報告には、劣化が検出されていないので(ステップ225)、光ノード装置#1は、自己から2ホップ先の光ノード装置#3に対して試験用光パスを設定する(ステップ226、ステップ222)。図83では、光ノード装置#1は試験用光パス設定要求(PATH)を光ノード装置#2を経由して光ノード装置#3に送出する。光ノード装置#3は、試験用光パス設定要求(PATH)を受けとると、当該試験用光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して試験用光パス設定完了通知(RE

S V) を光ノード装置 # 2 を経由して送出する。これにより光ノード装置 # 1 と # 3 との間に試験用光パスが設定される。

続いて、光ノード装置 # 1 は、設定された試験用光パスに対して試験用光信号 (LIGHT) を送出し (ステップ 223)、光ノード装置 # 3 からの試験用光信号劣化状況報告 (RESULT) を受信する (ステップ 224)。光ノード装置 # 3 からの試験用光信号劣化状況報告には、劣化が検出されていないので (ステップ 225)、光ノード装置 # 1 は、自己から 3 ホップ先の光ノード装置 # 4 に対して試験用光パスを設定する (ステップ 226、ステップ 222)。図 83 では、光ノード装置 # 1 は試験用光パス設定要求 (PATH) を光ノード装置 # 2 および # 3 を経由して光ノード装置 # 4 に送出する。光ノード装置 # 4 は、試験用光パス設定要求 (PATH) を受けとると、当該試験用光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置 # 1 に対して試験用光パス設定完了通知 (RESV) を光ノード装置 # 3 および # 2 を経由して送出する。これにより光ノード装置 # 1 と # 4 との間に試験用光パスが設定される。

続いて、光ノード装置 # 1 は、設定された試験用光パスに対して試験用光信号 (LIGHT) を送出し (ステップ 223)、光ノード装置 # 4 からの試験用光信号劣化状況報告 (RESULT) を受信する (ステップ 224)。光ノード装置 # 4 からの試験用光信号劣化状況報告には、劣化が検出されていないので (ステップ 225)、光ノード装置 # 1 は、自己から 4 ホップ先の光ノード装置 # 5 に対して試験用光パスを設定する (ステップ 226、ステップ 222)。図 83 では、光ノード装置 # 1 は試験用光パス設定要求 (PATH) を光ノード装置 # 2、# 3、# 4 を経由して光ノード装置 # 5 に送出する。光ノード装置 # 5 は、試験用光パス設定要求 (PATH) を受けとると、当該試験用光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置 # 1 に対して試験用光パス設定完了通知 (RESV) を光ノード装置 # 4、# 3、# 2 を経由して送出する。これにより光ノード装置 # 1 と # 5 との間に試験用光パスが設定される。

続いて、光ノード装置 # 1 は、設定された試験用光パスに対して試験用光信号 (LIGHT) を送出し (ステップ 223)、光ノード装置 # 5 からの試験用光信号劣化状況報告 (RESULT) を受信する (ステップ 224)。光ノード装

置#5からの試験用光信号劣化状況報告には、劣化が検出されていないので（ステップ225）、光ノード装置#1は、自己から5ホップ先の光ノード装置#6に対して試験用光パスを設定する（ステップ226、ステップ222）。図83では、光ノード装置#1は試験用光パス設定要求（PATH）を光ノード装置#2、#3、#4、#5を経由して光ノード装置#6に送出する。光ノード装置#6は、試験用光パス設定要求（PATH）を受けとると、当該試験用光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して試験用光パス設定完了通知（RESV）を光ノード装置#5、#4、#3、#2を経由して送出する。これにより光ノード装置#1と#6との間に試験用光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された試験用光パスに対して試験用光信号（LIGHT）を送出し（ステップ223）、光ノード装置#6からの試験用光信号劣化状況報告（RESULT）を受信する（ステップ224）。光ノード装置#6からの試験用光信号劣化状況報告には、劣化が検出されたので（ステップ225）、自己から4ホップ先の光ノード装置#5までが3R区間と認識する（ステップ227）。

このようにして、第28実施例では、試験用光パスを設定して3R区間を認識することができる。図83の例では、各光ノード装置#1～#7の全てにそれぞれ3R区間情報収集部430を備えたが、例えば、一つおきに備えるといった構成とすることもできる。また、本実施例では説明をわかりやすくするために、3R中継が不必要であると予想される光ノード装置#2あるいは#3に対しても試験用光信号を送出したが、これらの光ノード装置#2、#3に対しては、試験用光信号送出の手順を省くこともできる。あるいは、3R中継の必要があると予想される光ノード装置#5、#6に対してのみ、試験用光信号を送出してもよい。

また、3R区間情報収集部430は、このようにして認識された3R中継を実施する光ノード装置の情報を保持する。さらに、3R区間情報収集部430は、このようにして認識された3R中継を実施する光ノード装置の情報を他光ノード装置に広告する構成とし、また、他光ノード装置からの前記広告を受信して自己が認識した前記3R中継を実施する光ノード装置の情報と共に当該広告に含まれ

る前記 3 R 中継を実施する光ノード装置の情報を保持する構成とすることもできる。これにより、各光ノード装置が同一の 3 R 区間情報を保持することができる。

あるいは、3 R 区間情報収集部 430 は、図 64 に示したような網制御装置 410 に対し、自己が認識した 3 R 中継を実施する光ノード装置の情報を通知することにより、網制御装置 410 は、光ネットワーク全体の 3 R 区間情報を保持することができる。そして、各光ノード装置が光パス設定に先立って、必要に応じて、網制御装置 410 に自己が必要とする 3 R 区間の情報の提供を要求して取得することにより、各光ノード装置の保持する 3 R 区間情報量を減らすことができる。

このような網制御装置 410 は、光ネットワークを構成する光ノード装置からの 3 R 中継を実施する光ノード装置の情報を受け取り、これまで保持している 3 R 区間の情報を更新する機能と、光ノード装置からの要求に応じて保持している 3 R 区間の情報の一部または全部を当該光ノード装置に提供する機能とを備えたデータベースを備える。

ここまでの第 28 実施例の説明は、単方向光パスまたは双方向光パスの下り光パスを想定した場合の説明である。続いて、上り光パスを想定した場合について図 85 および図 86 を参照して説明する。第 28 実施例の光ノード装置は、自己が発ノードであるときに 3 R 区間情報測定対象となる被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に 1 ホップずつ順次試験用上り光パスを設定する 3 R 区間情報収集部 430 を備え、この試験用上り光パスが設定された光ノード装置の 3 R 区間情報収集部 430 は、当該試験用上り光パスに対して試験用光信号を送出する手段を備え、さらに、自己が発ノードである光ノード装置の 3 R 区間情報収集部 430 は、前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する手段を備え、前記試験用光信号の送出元の光ノード装置の 3 R 区間情報収集部 430 は、この通知に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには自己が上り光パスにおける 3 R 発ノードであると共に前 3 R 区間の 3 R 着ノードであることを認識する手段を備え、自己が上り光パスにおける 3



R発ノードであると共に前3 R区間の3 R着ノードであることを認識した光ノード装置の3 R区間情報収集部430は、3 R区間情報測定対象となる被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次試験用上り光パスを設定し、前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する手段を備えたことを特徴とする。実際には、各光ノード装置に3 R区間情報収集部430を備えており、自己の3 R区間情報収集の必要に応じて上記の各手段の機能を発動させる。

次に、第28実施例の光ノード装置の動作を説明する。図86に示す3 R区間情報収集手順は、3 R区間情報収集部430により実行される。ここでは、光ノード装置#1が上り光パスにおける3 R着ノードとなったと想定した場合の3 R区間情報を収集する過程を例にとって説明する。図85に示すように、光ノード装置#1の3 R区間情報収集部430では、自己から1ホップ先の光ノード装置#2に対して試験用光パスを設定する（ステップ231、ステップ232）。図85では、光ノード装置#1は試験用光パス設定要求（PATH）を光ノード装置#2に送出する。光ノード装置#2は、試験用光パス設定要求（PATH）を受けとると、当該試験用光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して試験用光パス設定完了通知（RESV）を送出する。これにより光ノード装置#1と#2との間に試験用光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された試験用上り光パスからの試験用光信号（LIGHT）を受信し（ステップ233）、光ノード装置#2からの試験用光信号劣化を実測しその実測結果（RESULT）を光ノード装置#2に報告する（ステップ234）。光ノード装置#2からの試験用光信号には、劣化が検出されていないので（ステップ235）、光ノード装置#1は、自己から2ホップ先の光ノード装置#3に対して試験用光パスを設定する（ステップ236、ステップ232）。図85では、光ノード装置#1は試験用光パス設定要求（PATH）を光ノード装置#2を経由して光ノード装置#3に送出する。光ノード装置#3は、試験用光パス設定要求（PATH）を受けとると、当該試験用光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して試験用光パ

ス設定完了通知（RESV）を光ノード装置#2を経由して送出する。これにより光ノード装置#1と#3との間に試験用光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された試験用上り光パスからの試験用光信号（LIGHT）を受信し（ステップ233）、光ノード装置#3からの試験用光信号劣化を実測しその実測結果（RESULT）を光ノード装置#3に報告する（ステップ234）。光ノード装置#3からの試験用光信号には、劣化が検出されていないので（ステップ235）、光ノード装置#1は、自己から3ホップ先の光ノード装置#4に対して試験用光パスを設定する（ステップ236、ステップ232）。図85では、光ノード装置#1は試験用光パス設定要求（PATH）を光ノード装置#2および#3を経由して光ノード装置#4に送出する。光ノード装置#4は、試験用光パス設定要求（PATH）を受けとると、当該試験用光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して試験用光パス設定完了通知（RESV）を光ノード装置#3および#2を経由して送出する。これにより光ノード装置#1と#4との間に試験用光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された試験用上り光パスからの試験用光信号（LIGHT）を受信し（ステップ233）、光ノード装置#4からの試験用光信号劣化を実測しその実測結果（RESULT）を光ノード装置#4に報告する（ステップ234）。光ノード装置#4からの試験用光信号には、劣化が検出されていないので（ステップ235）、光ノード装置#1は、自己から4ホップ先の光ノード装置#5に対して試験用光パスを設定する（ステップ236、ステップ232）。図85では、光ノード装置#1は試験用光パス設定要求（PATH）を光ノード装置#2、#3、#4を経由して光ノード装置#5に送出する。光ノード装置#5は、試験用光パス設定要求（PATH）を受けとると、当該試験用光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して試験用光パス設定完了通知（RESV）を光ノード装置#4、#3、#2を経由して送出する。これにより光ノード装置#1と#5との間に試験用光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された試験用上り光パスからの試験用光信

号（LIGHT）を受信し（ステップ233）、光ノード装置#5からの試験用光信号劣化を実測しその実測結果（RESULT）を光ノード装置#5に報告する（ステップ234）。光ノード装置#5からの試験用光信号には、劣化が検出されていないので（ステップ235）、光ノード装置#1は、自己から5ホップ先の光ノード装置#6に対して試験用光パスを設定する（ステップ236、ステップ232）。図85では、光ノード装置#1は試験用光パス設定要求（PATH）を光ノード装置#2、#3、#4、#5を経由して光ノード装置#6に送出する。光ノード装置#6は、試験用光パス設定要求（PATH）を受けると、当該試験用光パス設定のために必要となるリソースを確保して光ノード装置#1に対して試験用光パス設定完了通知（RESV）を光ノード装置#5、#4、#3、#2を経由して送出する。これにより光ノード装置#1と#6との間に試験用光パスが設定される。

続いて、光ノード装置#1は、設定された試験用上り光パスからの試験用信号（LIGHT）を受信し（ステップ233）、光ノード装置#6からの試験用光信号劣化を実測しその実測結果（RESULT）を光ノード装置#6に報告する（ステップ234）。光ノード装置#6からの試験用光信号には、劣化が検出されたので（ステップ235）、自己から4ホップ先の光ノード装置#5までが3R区間と認識する（ステップ237）。

なお、図85の例では、光ノード装置#1が上り光パスから到着する光ノード装置#2～#5の試験用光信号を受信した際に、劣化が検出されていない場合でも報告（RESULT）を行っているが、この報告は単に試験用光信号の受信確認としての役割しか持っていないので、この報告手順を省略してもよい。

このようにして、第28実施例では、試験用光パスを設定して3R区間を認識することができる。図85の例では、各光ノード装置#1～#7の全てにそれぞれ3R区間情報収集部430を備えたが、例えば、一つおきに備えるといった構成とすることもできる。また、本実施例では説明をわかりやすくするために、3R中継が不必要であると予想される光ノード装置#2あるいは#3に対しても試験用光信号を送出したが、これらの光ノード装置#2、#3に対しては、試験用光信号送出の手順を省くこともできる。あるいは、3R中継の必要があると予想

される光ノード装置#5、#6に対してのみ、試験用光信号を送出してもよい。

また、3R区間情報収集部430は、このようにして認識された3R中継を実施する光ノード装置の情報を保持する。さらに、3R区間情報収集部430は、このようにして認識された3R中継を実施する光ノード装置の情報を他光ノード装置に広告する構成とし、また、他光ノード装置からの前記広告を受信して自己が認識した前記3R中継を実施する光ノード装置の情報と共に当該広告に含まれる前記3R中継を実施する光ノード装置の情報を保持する構成とすることもできる。これにより、各光ノード装置が同一の3R区間情報を保持することができる。

あるいは、3R区間情報収集部430は、図64に示したような網制御装置410に対し、自己が認識した3R中継を実施する光ノード装置の情報を通知することにより、網制御装置410は、光ネットワーク全体の3R区間情報を保持することができる。そして、各光ノード装置が光パス設定に先立って、必要に応じて、網制御装置410に自己が必要とする3R区間の情報の提供を要求して取得することにより、各光ノード装置の保持する3R区間情報量を減らすことができる。

このような網制御装置410は、光ネットワークを構成する光ノード装置からの3R中継を実施する光ノード装置の情報を受け取り、これまで保持している3R区間の情報を更新する機能と、光ノード装置からの要求に応じて保持している3R区間の情報の一部または全部を当該光ノード装置に提供する機能とを備えたデータベースを備える。

#### (第29実施例)

第29実施例の基本的な概念は第20実施例と同様であるため、本実施例の光ノード装置を第20実施例で使用した図60ないし図63を参照して説明する。ただし、以下に述べる通り、図60ないし図63に示した各部の詳細な動作が第20実施例とは異なっている。図60および図62は第29実施例の光ノード装置における3R区間情報収集の概念を示す図である。図61および図63は第29実施例の光ノード装置のブロック構成図である。

第29実施例の光ノード装置は、図61に示すように、自己と隣接ノードとの

間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値  $Q$  を保持する  $Q$  値保持部 234 と、自己が発ノードである場合には、次ホップの隣接光ノード装置に対して被減算値の初期値  $P$  を伝達する  $P$  値送出部 232 と、自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値  $P$  あるいは既に当該初期値  $P$  から減算が行われた被減算値  $P'$  を受け取った場合には、 $(P - Q)$  あるいは  $(P' - Q)$  を演算する  $Q$  値減算部 235 と、この  $Q$  値減算部 235 の演算結果と閾値とを比較して閾値よりも大きい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以下の場合には自己が当該被減算値の初期値  $P$  を送出した光ノード装置を 3R 発ノードとした場合の 3R 着ノードであると認識する比較部 236 とを備え、 $P$  値送出部 232 は、自己が 3R 着ノードであると認識し、当該被減算値が伝達された光パスの着ノードではないときには、自己を 3R 発ノードとして被減算値の初期値  $P$  を次ホップの隣接光ノード装置に伝達することを特徴とする。

次に、第 29 実施例の光ノード装置の動作を説明する。 $Q$  値生成部 233 は、自己に接続されたリンクの光信号劣化度合いをパラメータテーブル 240 および劣化度合テーブル 250 を参照した結果に基づき  $Q$  値を生成する。 $Q$  値は、劣化度合いに比例して定められた定数であり、リンク毎に設けられる。また、 $Q$  値は初期値  $P$  に対して設定される。例えば、自光ノード装置における光信号の劣化度合いを光信号強度と光ノイズとで考えた場合に、3R 発ノードから送出された光信号を半分の強度に減衰させ、また、3R 発ノードから送出された光信号の誤り率を 2 倍に増加させるような場合には、初期値  $P$  が 100 であれば  $Q$  値は 50 に設定される。

この  $Q$  値は光ノード装置を経由する毎に減算され、減算結果が閾値以下になった光ノード装置では、自己が 3R 着ノードであることがわかる。このようにして、初期値  $P$  を送出した光ノード装置を 3R 発ノードとしたときに、自己が 3R 着ノードであることを認識し、この認識結果を 3R 区間情報として保持する。あるいは、この認識結果を保持すると共に他光ノード装置あるいは網制御装置に広告することにより、各光ノード装置が同一の 3R 区間情報を共有することができる。

さらに、自己が3 R着ノードであると認識し、自己が被測定光パスの着ノードでないときには、自己が3 R発ノードであるとして、新たに初期値Pを送出する。

このようにして、発ノードから着ノードまでの3 R区間情報を収集することができる。また、この3 R区間情報収集は、光パス設定過程において実施することができる。すなわち、光パス設定要求中に初期値Pを搭載しておけば、光パス設定要求を受け取った各光ノード装置において、自己が3 R着ノードであるか否かを判定しながら光パス設定手順を実行することができる。

ここまでの第29実施例の説明は、単方向光パスあるいは双方向光パスの下り光パスを想定した説明であるが、続いて、双方向光パスの上り光パスを想定した場合を図62および図63を参照して説明する。

第29実施例の光ノード装置は、図63に示すように、自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値 $q$ を保持する $q$ 値保持部334と、自己が発ノードである場合には、次ホップの隣接光ノード装置に対して被加算値の初期値 $p$ を伝達する $p$ 値送出部332と、自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値 $p$ あるいは既に当該初期値 $p$ に加算が行われた被加算値 $p'$ を受け取った場合には、 $(p + q)$ あるいは $(p' + q)$ を演算する $q$ 値加算部335と、この $q$ 値加算部335の演算結果と閾値とを比較して閾値よりも小さい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以上の場合には自己が当該被加算値の初期値 $p$ を送出した光ノード装置を上り光パスにおける3 R着ノードとした場合の3 R発ノードであると認識する比較部336とを備え、 $p$ 値送出部332は、自己が上り光パスにおける3 R発ノードであると認識し、当該被加算値が伝達された光パスの着ノードではないときには、自己を上り光パスにおける3 R着ノードとして被加算値の初期値 $p$ を次ホップの隣接光ノード装置に伝達することを特徴とする。

次に、第29実施例の光ノード装置の動作を説明する。 $q$ 値生成部333は、自己に接続されたリンクの光信号劣化度合いをパラメータテーブル240および劣化度合テーブル250を参照した結果に基づき $q$ 値を生成する。 $q$ 値は、劣化度合いに比例して定められた定数であり、リンク毎に設けられる。また、 $q$ 値は

前述した下り光パスの場合のQ値と同様に設定される。

このq値は光ノード装置を経由する毎に加算され、加算結果が閾値以上になった光ノード装置では、自己が上り光パスにおける3R発ノードであることがわかる。このようにして、初期値pを送出した光ノード装置を上り光パスにおける3R着ノードとしたときに、自己が3R発ノードであることを認識し、この認識結果を3R区間情報として保持する。あるいは、この認識結果を保持すると共に他光ノード装置あるいは網制御装置に広告することにより、各光ノード装置が同一の3R区間情報を共有することができる。

さらに、自己が上り光パスにおける3R発ノードであると認識し、自己が被測定光パスの着ノードでないときには、自己が上り光パスにおける3R着ノードであるとして、新たに初期値pを送出する。

なお、p値は、第29実施例では、“0”とするが、p値は諸条件を考慮して設定することができる。例えば、3R区間の最大長の範囲内で、生成する3R区間の長さをp値によって加減することができる。すなわち、閾値が固定であれば、p値を負の整数とすれば、p値を“0”と設定した場合よりも加算できる数値が大きくなるので、3R区間を長めに生成することができる。その反対に、p値を正の整数とすれば、p値を“0”と設定した場合よりも加算できる数値が小さくなるので3R区間を短めに生成することができる。

このようにして、発ノードから着ノードまでの3R区間情報を収集することができる。また、この3R区間情報収集は、光パス設定過程において実施することができる。すなわち、光パス設定要求中に初期値pを搭載しておけば、光パス設定要求を受け取った各光ノード装置において、自己が上り光パスにおける3R発ノードであるか否かを判定しながら光パス設定手順を実行することができる。

なお、第21～第29実施例では、説明をわかりやすくするために、下り光パスを想定した場合の説明と、上り光パスを想定した場合の説明とを分けて行ったが、実際には、これらを同時に行うことにより、上り下り双方向の光パスについて同時に3R区間情報を生成することができる。

本発明は光信号を交換接続する光ネットワークに利用する。特に、3 R中継を行う光ノード装置を含む光ネットワークに関する。本発明によれば、必要最小数あるいは必要最小能力の3 R中継器を用いてネットワークリソースの有効利用を図り、経済的な光ネットワークを構成することができる。



## 請求の範囲

## 1. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R (Reshaping, Retiming, Regeneration) 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間と定義し、

自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する 3 R 区間情報を保持する手段と、

この保持する手段に保持された前記 3 R 区間情報を参照して自己を経由する光パスの設定に際して自己が 3 R 中継を実施する光ノード装置か否かを自律的に判断する手段と

を備えた光ノード装置。

## 2. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する 3 R 区間情報を保持する手段と、

この保持する手段に保持された前記 3 R 区間情報を参照して自己が発ノードあるときに自己から着ノードまでの光パスが経由する他光ノード装置の中で 3 R 中継を実施する他光ノード装置を特定する手段と、

この特定する手段により特定された前記他光ノード装置に対して自己が発ノードである光パスの設定に際し 3 R 中継の実施を要求する手段と

を備えた光ノード装置。

## 3. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

自己が前記発ノードと前記着ノードとの間の光パスが経由する光ノード装置で

あるときに自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3 R区間情報を保持する手段と、

この保持する手段に保持された前記3 R区間情報を参照して自己を経由する光パスの設定に際して自己が3 R中継を実施する光ノード装置か否かを自律的に判断する手段と

を備えた光ノード装置。

4. 光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、当該光パスが双方向であるときに、前記発ノードから前記着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、前記着ノードから前記発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

前記光パスが双方向光パスであるときには、

前記判断する手段は、下り光パスおよび上り光パスの双方向についてそれぞれ3 R中継を実施する光ノード装置を決定する手段を備えた

請求項1または3に記載の光ノード装置。

5. 光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、当該光パスが双方向であるときに、前記発ノードから前記着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、前記着ノードから前記発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

前記光パスが双方向光パスであるときには、

前記特定する手段は、下り光パスおよび上り光パスの双方向についてそれぞれ3 R中継を実施する光ノード装置を決定する手段を備えた

請求項2に記載の光ノード装置。

6. 前記3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、当該3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

一つの光ノード装置を経由する光パス上の重複部分を含む複数の異なる3R区間に関して当該一つの光ノード装置がいずれかの3R区間における3R発ノードであり、他の3R区間においては3R発ノードまたは3R着ノードに該当しないときには、

前記判断する手段は、

前記一つの光ノード装置から着ノードまでの光パスに係る3R区間情報を参照して前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3R実施回数を比較する手段と、

この比較する手段の比較結果に基づき前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能した場合の方が前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能しない場合よりも3R実施回数が少ないときには前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定する手段と

を備えた請求項1または3または4に記載の光ノード装置。

7. 前記3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

一つの光ノード装置を経由する光パス上の重複部分を含む複数の異なる3R区間に関して当該一つの光ノード装置がいずれかの3R区間における3R発ノードであり、他の3R区間においては3R発ノードまたは3R着ノードに該当しないときには、

前記特定する手段は、

前記一つの光ノード装置から着ノードまでの光パスに係る3R区間情報を参照して前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3R実施回数を比較する手段と、

この比較する手段の比較結果に基づき前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能した場合の方が前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能しない場合よりも3R実施回数が少ないときには前記一つの光ノード装置が3R中

継を実施する光ノード装置であると決定する手段と  
を備えた請求項 2 または 5 に記載の光ノード装置。

8. 光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

一つの光ノード装置が 3 R 着ノードに相当する光ノード装置であり、着ノードではないときには、

前記判断する手段は、前記一つの光ノード装置を 3 R 発ノードとし次ホップ先の光ノード装置を 3 R 着ノードとして前記一つの光ノード装置が 3 R 中継を実施する光ノード装置であると決定する手段を備えた

請求項 1 または 3 または 4 に記載の光ノード装置。

9. 光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

一つの光ノード装置が 3 R 着ノードに相当する光ノード装置であり、着ノードではないときには、

前記特定する手段は、前記一つの光ノード装置を 3 R 発ノードとし次ホップ先の光ノード装置を 3 R 着ノードとして前記一つの光ノード装置が 3 R 中継を実施する光ノード装置であると決定する手段を備えた

請求項 2 または 5 に記載の光ノード装置。

10. 前記 3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノードと定義し、

一つの光ノード装置が当該一つの光ノード装置を経由する光パス上に 3 R 発ノードを有する 3 R 区間のいずれにも属していないときには、

前記判断する手段は、前記一つの光ノード装置を 3 R 発ノードとし前記一つの光ノード装置の次ホップ先の光ノード装置を 3 R 着ノードとして前記一つの光ノード装置が 3 R 中継を実施する光ノード装置であると決定する手段を備えた

請求項 1 または 3 または 4 に記載の光ノード装置。

1 1. 前記 3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノードと定義し、  
一つの光ノード装置が当該一つの光ノード装置を経由する光パス上に 3 R 発ノードを有する 3 R 区間のいずれにも属していないときには、

前記特定する手段は、前記一つの光ノード装置を 3 R 発ノードとし前記一つの光ノード装置の次ホップ先の光ノード装置を 3 R 着ノードとして前記一つの光ノード装置が 3 R 中継を実施する光ノード装置であると決定する手段を備えた  
請求項 2 または 5 に記載の光ノード装置。

1 2. 一つの光ノード装置が上り光パスにおける 3 R 発ノードであるが着ノードでなく、前記一つの光ノード装置が当該上り光パス上の 3 R 着ノードでないときには上り光パス上の前ホップ元の光ノード装置が前記一つの光ノード装置を 3 R 着ノードとした 3 R 発ノードであることを当該前ホップ元の光ノード装置に伝達するためのメッセージを送出する手段を備え、

前記判断する手段は、上り光パスにおいて自己が当該メッセージを受け取ったときには、上り光パスにおいて自己が当該メッセージの送出元の光ノード装置を 3 R 着ノードとした 3 R 発ノードであると決定する手段を備えた

請求項 1 または 3 または 4 に記載の光ノード装置。

1 3. 一つの光ノード装置が上り光パスにおける 3 R 発ノードであるが着ノードでなく、前記一つの光ノード装置が当該上り光パス上の 3 R 着ノードでないときには上り光パス上の前ホップ元の光ノード装置が前記一つの光ノード装置を 3 R 着ノードとした 3 R 発ノードであることを当該前ホップ元の光ノード装置に伝達するためのメッセージを送出する手段を備え、

前記特定する手段は、上り光パスにおいて自己が当該メッセージを受け取ったときには、上り光パスにおいて自己が当該メッセージの送出元の光ノード装置を 3 R 着ノードとした 3 R 発ノードであると決定する手段を備えた

請求項 2 または 5 に記載の光ノード装置。

1 4. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、当該3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、当該3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノードとそれぞれ定義し、

自己を3 R発ノードとする3 R区間情報を保持する手段と、

光パス設定要求に含まれる自己が3 R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該光パス上の3 R発ノードであるときには3 R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己を3 R発ノードとする光パス上の3 R区間の3 R着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3 R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する手段と

を備えた光ノード装置。

15. 光パス設定要求に含まれる自己が3 R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該光パス上の3 R発ノードでないときには自己を次ホップ先の光ノード装置を3 R着ノードとした3 R発ノードとして3 R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に当該次ホップ先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が3 R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する手段を備えた請求項14記載の光ノード装置。

16. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、当該3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、当該3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、当該光パスが双方向であるときに、前記発ノードから前記着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、前記着ノードから前記発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

自己を3 R発ノードおよび3 R着ノードとする3 R区間情報を保持する手段と

光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該下り光パス上の3R発ノードであるときには3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己を3R発ノードとする下り光パス上の3R区間の3R着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する手段と、

光パス設定要求に含まれる自己が上り光パスにおける3R発ノードであることを示すメッセージを受けて自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該上り光パス上の3R着ノードであるときには自己を3R着ノードとする上り光パス上の3R発ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R発ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する手段と

を備えた光ノード装置。

17. 光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該下り光パス上の3R発ノードでないときには自己を下り光パス上の次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードとして3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に当該次ホップ先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が自己の3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する手段と、

光パス設定要求に含まれる自己が上り光パスにおける3R発ノードであることを示すメッセージを受けて自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには前記保持する手段を参照し自己が当該上り光パス上の3R着ノードでないときには上り光パス上の前ホップ元の光ノード装置が自己を3R着ノードとした3R発ノードであることを当該前ホップ元の光ノード装置に伝達するためのメッセージを送出する手段と

を備えた請求項 16 記載の光ノード装置。

18. 光信号を交換接続する複数の光ノード装置と、この複数の光ノード装置間を接続する光伝送路とを備えた光ネットワークを管理する網制御装置であって、

、  
3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間と定義し、

前記光ネットワークのトポロジ情報に対応する 3 R 区間情報を保持する手段と

、  
前記光ノード装置からの要求に応じてこの保持する手段に保持された前記 3 R 区間情報を当該光ノード装置に提供する手段と  
を備えた網制御装置。

19. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

自己が属する光ネットワークを管理する網制御装置に対して当該光ネットワークのトポロジ情報に対応する 3 R 区間情報の提供を要求して取得する手段を備えた光ノード装置。

20. 前記取得する手段は、取得した前記 3 R 区間情報の中から自己に係わる少なくとも一部の情報を選択して保持する手段を備えた請求項 19 記載の光ノード装置。

21. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間と定義し、

自己が属する光ネットワークを管理する網制御装置に対して自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する 3 R 区間情報を要求して取得する手段と、

この取得する手段により取得した前記 3 R 区間情報を保持すると共に他光ノード装置に広告する手段と



を備えた光ノード装置。

22. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

自己が属する光ネットワークを管理する網制御装置に対して自己が発ノードあるときに自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を要求して取得する手段と、

この取得する手段により取得した前記3R区間情報を保持すると共に自己を発ノードとしたときの着ノードまでの光パスに含まれる他光ノード装置に伝達する手段と

を備えた光ノード装置。

23. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

自己が属する光ネットワークを管理する網制御装置に対して自己が発ノードあるときに自己が属する光ネットワークのトポロジ情報に対応する3R区間情報を要求して取得する手段と、

この取得する手段により取得した前記3R区間情報を保持すると共に他ノード装置に広告する手段と

を備え、

前記広告する手段による広告が自己を経由する光パスに関係する広告か否かを判断する手段が設けられ、

この判断する手段の判断結果により前記広告が前記自己を経由する光パスに関係しない広告であるときには前記広告を廃棄する手段を備え、

前記判断する手段の判断結果により前記広告が前記自己を経由する光パスに関

係する広告であるときには前記広告内容を保持する手段を備えた光ノード装置。

24. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、当該3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、当該3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

自己が属する3 R区間における自己と3 R着ノードとの間のホップ数Hの情報を保持する手段と、

自己が属する3 R区間における3 R発ノードから送出された光信号に対して自己が3 R中継を実施するか否かを自律的に判断する手段と

を備え、

この判断する手段は、

自己が備えた3 Rトランク数をT、空き3 Rトランク数の閾値を $TH\_T$ 、3 R着ノードまでのホップ数の閾値を $TH\_H$ としたときに、

$T > TH\_T$ かつ $H < TH\_H$

ならば3 R中継を実施すると判断する

光ノード装置。

25. 請求項1ないし17または19ないし24のいずれかに記載の光ノード装置または請求項18記載の網制御装置を備えた光ネットワーク。

26. 光信号を交換接続する光ノード装置における3 R中継実施ノードの決定方法であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、前記3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、当該3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

一つの光ノード装置を経由する光パス上の重複部分を含む複数の異なる3R区間に関して当該一つの光ノード装置がいずれかの3R区間における3R発ノードであり、他の3R区間においては3R発ノードまたは3R着ノードに該当しないときには、

前記一つの光ノード装置から着ノードまでの光パスに関係する3R区間情報を参照して前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能した場合と機能しない場合との双方の場合における3R実施回数を比較し、この比較結果に基づき前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能した場合の方が前記一つの光ノード装置が3R発ノードとして機能しない場合よりも3R実施回数が少ないときには前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定する

3R中継実施ノードの決定方法。

27. 光信号を交換接続する光ノード装置における3R中継実施ノードの決定方法であって、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、前記3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

一つの光ノード装置が3R着ノードに相当する光ノード装置であり、着ノードではないときには、

前記一つの光ノード装置を3R発ノードとし次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとして前記一つの光ノード装置が3R中継を実施する光ノード装置であると決定する

3R中継実施ノードの決定方法。

28. 光信号を交換接続する光ノード装置における3R中継実施ノードの決定方法であって、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、前記

3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、当該3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

一つの光ノード装置が当該一つの光ノード装置を経由する光パス上に3 R発ノードを有する3 R区間のいずれにも属していないときには、

前記一つの光ノード装置を3 R発ノードとし前記一つの光ノード装置の次ホップ先の光ノード装置を3 R着ノードとして前記一つの光ノード装置が3 R中継を実施する光ノード装置であると決定する

3 R中継実施ノードの決定方法。

29. 光信号を交換接続する光ノード装置における3 R中継実施ノードの決定方法であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、前記3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、当該3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、当該光パスが双方向であるときに、前記発ノードから前記着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、前記着ノードから前記発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

一つの光ノード装置が上り光パスにおける3 R発ノードであるが着ノードでなく、前記一つの光ノード装置が当該上り光パス上の3 R着ノードでないときには上り光パス上の前ホップ元の光ノード装置が前記一つの光ノード装置を3 R着ノードとした3 R発ノードであることを当該前ホップ元の光ノード装置に伝達するためのメッセージを送出し、

上り光パスにおいて当該メッセージを受け取った光ノード装置は、上り光パスにおいて自己が当該メッセージの送出元の光ノード装置を3 R着ノードとした3 R発ノードであると決定する

3 R中継実施ノードの決定方法。

30. 光信号を交換接続する光ノード装置における3R中継実施ノードの決定方法であって、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、当該3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノードとそれぞれ定義し、

3R発ノードに相当する光ノード装置は自己に関わる3R区間情報を保持し、光パス設定要求に含まれる3R着ノードであることを示すメッセージを受けて当該光ノード装置が着ノードでないときには前記3R区間情報を参照し自己が当該光パス上の3R発ノードであるときには3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己を3R発ノードとする光パス上の3R区間の3R着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する

3R中継実施ノードの決定方法。

31. 光パス設定要求に含まれる自己が3R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記3R区間情報を参照し自己が当該光パス上の3R発ノードでないときには自己を次ホップ先の光ノード装置を3R着ノードとした3R発ノードとして3R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に当該次ホップ先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が3R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する

請求項30記載の3R中継実施ノードの決定方法。

32. 光信号を交換接続する光ノード装置における3R中継実施ノードの決定方法であって、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、当該3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、当該光パスが双方向であるときに、前記発ノードから前記着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、

前記着ノードから前記発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

自己を3 R発ノードおよび3 R着ノードとする3 R区間情報を保持し、光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける3 R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記3 R区間情報を参照し自己が当該下り光パス上の3 R発ノードであるときには3 R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己を3 R発ノードとする下り光パス上の3 R区間の3 R着ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3 R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出し、

光パス設定要求に含まれる自己が上り光パスにおける3 R発ノードであることを示すメッセージを受けて自己が上り光パスにおいて3 R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには前記3 R区間情報を参照し自己が当該上り光パス上の3 R着ノードであるときには自己を3 R着ノードとする上り光パス上の3 R発ノードに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3 R発ノードであることを伝達するためのメッセージを送出する

3 R中継実施ノードの決定方法。

33. 光パス設定要求に含まれる自己が下り光パスにおける3 R着ノードであることを示すメッセージを受けて自己が着ノードでないときには前記3 R区間情報を参照し自己が当該下り光パス上の3 R発ノードでないときには自己を下り光パス上の次ホップ先の光ノード装置を3 R着ノードとした3 R発ノードとして3 R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に当該次ホップ先の光ノード装置に対して当該光ノード装置が自己の3 R着ノードであることを伝達するためのメッセージを送出し、

光パス設定要求に含まれる自己が上り光パスにおける3 R発ノードであることを示すメッセージを受けて自己が上り光パスにおいて3 R中継を実施する光ノード装置であると判断すると共に自己が着ノードでないときには前記3 R区間情報を参照し自己が当該上り光パス上の3 R着ノードでないときには上り光パス上の前ホップ元の光ノード装置が自己を3 R着ノードとした3 R発ノードであること

を当該前ホップ元の光ノード装置に伝達するためのメッセージを送出する  
請求項 3 2 記載の 3 R 中継実施ノードの決定方法。

3 4. 光信号を交換接続する光ノード装置における 3 R 中継実施ノードの決定方法であって、

3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、当該 3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノード、当該 3 R 区間の終点となる光ノード装置を 3 R 着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

一つの光ノード装置が属する 3 R 区間における自己と 3 R 着ノードとの間のホップ数を  $H$ 、当該一つの光ノード装置が備えた 3 R トランク数を  $T$ 、空き 3 R トランク数の閾値を  $TH\_T$ 、3 R 着ノードまでのホップ数の閾値を  $TH\_H$  としたときに、

$$T > TH\_T \text{ かつ } H < TH\_H$$

ならば前記一つの光ノード装置が 3 R 中継を実施する光ノード装置であると決定する

3 R 中継実施ノードの決定方法。

3 5. 光信号を交換接続する手段を備えた光ノード装置であって、

3 R (Reshaping, Retiming, Regenerating) 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、当該 3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノード、当該 3 R 区間の終点となる光ノード装置を 3 R 着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が設定される毎に一つ削除され、

前記交換接続する手段は、波長変換手段または 3 R 中継手段を含み、

自己が属する 3 R 区間における自己と 3 R 着ノードとの間のホップ数  $H$  の情報

を保持する手段と、

自己が属する3 R区間における3 R発ノードから送出された光信号に対して自己が3 R中継を実施するか否かを自律的に判断する手段と

を備え、

この判断する手段は、

前記波長変換手段または前記3 R中継手段が備えたトランク数をT、空きトランク数の閾値をTH\_\_T、3 R着ノードまでのホップ数の閾値をTH\_\_H、残存するラベル数をL、残存するラベル数の閾値をTH\_\_Lとしたときに、

$T > TH\_T$ かつ $(H < TH\_H$ かつ $L < TH\_L)$

ならば3 R中継を実施すると判断する

光ノード装置。

3 6. 光信号を交換接続する手段を備えた光ノード装置であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、当該3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、当該3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が使用される毎に一つ削除され、

前記交換接続する手段は、波長変換手段または3 R中継手段を含み、

自己が属する3 R区間における自己と3 R着ノードとの間のホップ数Hの情報を保持する手段と、

自己が属する3 R区間における3 R発ノードから送出された光信号に対して自己が3 R中継を実施するか否かを自律的に判断する手段と

を備え、

この判断する手段は、

前記波長変換手段または前記3 R中継手段が備えたトランク数をT、空きトランク数の閾値をTH\_\_T、3 R着ノードまでのホップ数の閾値をTH\_\_H、残存



するラベル数を $L$ 、残存するラベル数の閾値を $TH\_L$ としたときに、

$T > TH\_T$ かつ ( $H < TH\_H$ または $L < TH\_L$ )

ならば3R中継を実施すると判断する

光ノード装置。

37. 自己が着ノードを3R着ノードとする3R区間に属しているときには、前記判断する手段の判断結果によらず自己が3R中継を実施しないと判断する手段を備えた請求項35または36記載の光ノード装置。

38. 光信号を交換接続する手段を備えた光ノード装置であって、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、当該3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、光パスが双方向の場合には発ノードから着ノードに向かう光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が設定される毎に一つ削除され、

前記交換接続する手段は、波長変換手段または3R中継手段を含み、

上り光パスにおける自己が属する3R区間における自己と3R着ノードとの間のホップ数 $H$ の情報を保持する手段と、

上り光パスにおける自己が属する3R区間における3R発ノードから送出された光信号に対して自己が3R中継を実施するか否かを自律的に判断する手段とを備え、

この判断する手段は、

前記波長変換手段または前記3R中継手段が備えたトランク数を $T$ 、空きトランク数の閾値を $TH\_T$ 、3R着ノードまでのホップ数の閾値を $TH\_H$ 、残存するラベル数を $L$ 、残存するラベル数の閾値を $TH\_L$ としたときに、

$T > TH\_T$ かつ( $H < TH\_H$ かつ $L > TH\_L$ )

ならば3R中継を実施すると判断する

光ノード装置。

39. 光信号を交換接続する手段を備えた光ノード装置であって、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、当該3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、光パスが双方向の場合には発ノードから着ノードに向かう光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が設定される毎に一つ削除され、

前記交換接続する手段は、波長変換手段または3R中継手段を含み、

上り光パスにおける自己が属する3R区間における自己と3R着ノードとの間のホップ数Hの情報を保持する手段と、

上り光パスにおける自己が属する3R区間における3R発ノードから送出された光信号に対して自己が3R中継を実施するか否かを自律的に判断する手段とを備え、

この判断する手段は、

前記波長変換手段または前記3R中継手段が備えたトラंक数をT、空きトラंक数の閾値を $TH\_T$ 、3R着ノードまでのホップ数の閾値を $TH\_H$ 、残存するラベル数をL、残存するラベル数の閾値を $TH\_L$ としたときに、

$T > TH\_T$ かつ( $H < TH\_H$ または $L > TH\_L$ )

ならば3R中継を実施すると判断する

光ノード装置。

40. 自己が発ノードを3R着ノードとする3R区間に属しているときには、

前記判断する手段の判断結果によらず自己が3 R中継を実施しないと判断する手段を備えた請求項38または39記載の光ノード装置。

41. 請求項35ないし40のいずれかに記載の光ノード装置により構成された光ネットワーク。

42. 光信号を交換接続する光ノード装置における3 R中継実施ノードの決定方法であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、当該3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、当該3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が使用される毎に一つ削除され、

前記光ノード装置が属する3 R区間における前記光ノード装置と3 R着ノードとの間のホップ数Hの情報を保持し、

前記光ノード装置が属する3 R区間における3 R発ノードから送出された光信号に対して前記光ノード装置が3 R中継を実施するか否かを自律的に判断する際に、波長変換または3 R中継を行う機能を有するトランク数をT、空きトランク数の閾値を $TH\_T$ 、3 R着ノードまでのホップ数の閾値を $TH\_H$ 、残存するラベル数をL、残存するラベル数の閾値を $TH\_L$ としたときに、

$T > TH\_T$ かつ $(H < TH\_H$ かつ $L < TH\_L)$

ならば3 R中継を実施すると判断する

3 R中継実施ノードの決定方法。

43. 光信号を交換接続する光ノード装置における3 R中継実施ノードの決定方法であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、当該

3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、当該3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が使用される毎に一つ削除され、

前記光ノード装置が属する3 R区間における前記光ノード装置と3 R着ノードとの間のホップ数Hの情報を保持し、

前記光ノード装置が属する3 R区間における3 R発ノードから送出された光信号に対して前記光ノード装置が3 R中継を実施するか否かを自律的に判断する際に、波長変換または3 R中継を行う機能を有するトランク数をT、空きトランク数の閾値を $TH\_T$ 、3 R着ノードまでのホップ数の閾値を $TH\_H$ 、残存するラベル数をL、残存するラベル数の閾値を $TH\_L$ としたときに、

$$T > TH\_T \text{ かつ } (H < TH\_H \text{ または } L < TH\_L)$$

ならば3 R中継を実施すると判断する

3 R中継実施ノードの決定方法。

4 4. 自己が着ノードを3 R着ノードとする3 R区間に属しているときには、前記判断結果によらず自己が3 R中継を実施しないと判断する請求項4 2または4 3記載の3 R中継実施ノードの決定方法。

4 5. 光信号を交換接続する光ノード装置における3 R中継実施ノードの決定方法であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、当該3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、当該3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、光パスが双方向の場合には発ノードから着ノードに向かう光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が設定される毎に一つ削除され、

上り光パスにおける自己が属する3 R区間における自己と3 R着ノードとの間のホップ数Hの情報を保持し、

上り光パスにおける自己が属する3 R区間における3 R発ノードから送出された光信号に対して自己が3 R中継を実施するか否かを自律的に判断する際に、波長変換または3 R中継を行う機能を備えたトランク数をT、空きトランク数の閾値を $TH\_T$ 、3 R着ノードまでのホップ数の閾値を $TH\_H$ 、残存するラベル数をL、残存するラベル数の閾値を $TH\_L$ としたときに、

$T > TH\_T$ かつ $(H < TH\_H$ かつ $L > TH\_L)$

ならば3 R中継を実施すると判断する

3 R中継実施ノードの決定方法。

46. 光信号を交換接続する光ノード装置における3 R中継実施ノードの決定方法であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、当該3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、当該3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、光パスが双方向の場合には発ノードから着ノードに向かう光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

光パス設定要求には、発ノードから着ノードまでの交換接続の際に、発ノードから順に使用する波長を指定するラベルを含み、当該ラベルは、一つの波長が設定される毎に一つ削除され、

上り光パスにおける自己が属する3 R区間における自己と3 R着ノードとの間のホップ数Hの情報を保持し、

上り光パスにおける自己が属する3 R区間における3 R発ノードから送出された光信号に対して自己が3 R中継を実施するか否かを自律的に判断する際に、波

長変換または3 R中継を行う機能を備えたトランク数をT、空きトランク数の閾値を $TH\_T$ 、3 R着ノードまでのホップ数の閾値を $TH\_H$ 、残存するラベル数をL、残存するラベル数の閾値を $TH\_L$ としたときに、

$T > TH\_T$ かつ( $H < TH\_H$ または $L > TH\_L$ )

ならば3 R中継を実施すると判断する

3 R中継実施ノードの決定方法。

47. 自己が発ノードを3 R着ノードとする3 R区間に属しているときには、前記判断結果によらず自己が3 R中継を実施しないと判断する請求項45または46記載の3 R中継実施ノードの決定方法。

48. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R (Reshaping, Retiming, Regenerating)中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間と定義し、

自己に到着する光信号の劣化状態を検出する手段と、

この検出する手段の検出結果が信号劣化を検出したときには3 R中継要求を自己の一つ前のホップに相当する隣接光ノード装置に送出する手段と、

自己が次ホップの隣接光ノード装置の前記送出する手段からの前記3 R中継要求を受け取ったときには自己に到着する光信号に対して3 R中継を実施する手段と

を備えた光ノード装置。

49. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間と定義し、

自己に到着する光信号の劣化状態を検出する手段と、

この検出する手段の検出結果が信号劣化を検出したときには自己に到着する光信号に対して3 R中継を実施する手段と

を備えた光ノード装置。

50. 光パスの終点となる光ノード装置を着ノードと定義し、

自己から着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次光パスを設定する光ノード装置であって、

前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に光パスが設定される毎に試験用光信号を送出する手段と、

この送出手段により前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光信号が送出される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の他光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を受け取る手段と、

この受け取る手段により受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の他光ノード装置の一つ前ホップに相当する他光ノード装置に対して3R中継実施を要求する手段と

を備え、

当該3R中継実施を要求された前記他光ノード装置は、

前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に光パスが設定される毎に試験用光信号を送出する手段と、

この送出手段により前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光信号が送出される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の他光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を受け取る手段と、

この受け取る手段により受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の他光ノード装置の一つ前ホップに相当する他光ノード装置に対して3R中継実施を要求する手段と

を備えた光ノード装置。

5 1. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、当該3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、当該3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値Qを保持する手段と、

自己が発ノードである場合には、次ホップの隣接光ノード装置に対して被減算値の初期値Pを伝達する手段と、

自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値Pあるいは既に当該初期値Pから減算が行われた被減算値P'を受け取った場合には、 $(P - Q)$ あるいは $(P' - Q)$ を演算する手段と、

この演算する手段の演算結果と閾値とを比較して閾値よりも大きい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以下の場合には自己に到着する光信号に対して3 R中継を実施する手段と、

自己が当該被減算値が伝達された光パスの着ノードではないときには、自己を3 R発ノードとして被減算値の初期値Pを次ホップの隣接光ノード装置に伝達する手段と

を備えた光ノード装置。

5 2. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パス設定要求元の光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、発ノードから着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

自己に到着する上り光パスの光信号の劣化状態を検出する手段と、

この検出する手段の検出結果が信号劣化を検出したときには自己の次ホップに



相当する隣接光ノード装置に 3 R 中継実施要求を送出する手段と、

自己が前ホップの隣接光ノード装置からの 3 R 中継実施要求を受け取ったときには上り光パスから到着する光信号に対して 3 R 中継を実施する手段とを備えた光ノード装置。

5 3. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノード、3 R 区間の終点となる光ノード装置を 3 R 着ノード、光パス設定要求元の光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、発ノードから着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

自己に到着する上り光パスの光信号の劣化状態を検出する手段と、

この検出する手段の検出結果が信号劣化を検出したときには自己に到着する上り光パスの光信号に対して 3 R 中継を実施する手段とを備えた光ノード装置。

5 4. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノード、3 R 区間の終点となる光ノード装置を 3 R 着ノード、光パス設定要求元の光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、発ノードから着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

自己が発ノードであるときに着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に 1 ホップずつ順次光パスを設定する手段を備え、

自己が発ノードでないときに自己に光パスが設定されると上り光パスに試験用光信号を送出する手段を備え、

自己が発ノードであるときに前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する手段を備え、

前記試験用光信号の送出元の光ノード装置は、この通知に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには上り光パスから到着する光信号に対して3R中継を実施する手段を備え、

自己が上り光パスにおいて3R中継を実施する光ノード装置であるときに自己から着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次光パスを設定し、前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する手段を備えた

光ノード装置。

55. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、当該3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、発ノードから着ノードへ向かう方向の光パスを下り光パス、着ノードから発ノードへ向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値 $q$ を保持する手段と、

自己が発ノードである場合には、次ホップの隣接光ノード装置に対して被加算値の初期値 $p$ を伝達する手段と、

自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値 $p$ あるいは既に当該初期値 $p$ に加算が行われた被加算値 $p'$ を受け取った場合には、 $(p + q)$ あるいは $(p' + q)$ を演算する手段と、

この演算する手段の演算結果と閾値とを比較して閾値よりも小さい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以上の場合には自己に到着する光信号に対して3R中継を実施する手段と、

自己が当該被加算値が伝達された光パスの着ノードではないときには、自己を上り光パスの3 R着ノードとして被加算値の初期値 $p$ を次ホップの隣接光ノード装置に伝達する手段と

を備えた光ノード装置。

56. 請求項48ないし55のいずれかに記載の光ノード装置により構成された光ネットワーク。

57. 3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、当該3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

発ノードから着ノードまでの経路に含まれる光ノード装置に対して発ノードとなる光ノード装置の次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次光パスを設定する光パス設定方法であって、

前記着ノードまでの経路に含まれる光ノード装置に対して発ノードとなる光ノード装置の次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に光パスが設定される毎に前記発ノードとなる光ノード装置から試験用光信号を送出する第一のステップと、

この第一のステップにより前記着ノードまでの経路に含まれる光ノード装置に対して前記発ノードとなる光ノード装置の次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光信号が送出的る毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を前記発ノードとなる光ノード装置が受け取る第二のステップと、

この第二のステップにより受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の光ノード装置の一つ前ホップに相当する光ノード装置に対して前記発ノードとなる光ノード装置が3 R中継実施を要求する第三のステップと

を実行し、

当該 3 R 中継実施を要求された前記光ノード装置は、

前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から 1 ホップずつ順番に光パスが設定される毎に試験用光信号を送出する第四のステップと、

この第四のステップにより前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から 1 ホップずつ順番に試験用光信号が送出される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の他光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を受け取る第五のステップと、

この第五のステップにより受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の他光ノード装置の一つ前ホップに相当する他光ノード装置に対して 3 R 中継実施を要求する第六のステップと

を実行する光パス設定方法。

58. 光信号を交換接続する光ノード装置における 3 R 中継実施ノードの設定方法であって、

3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、当該 3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノード、当該 3 R 区間の終点となる光ノード装置を 3 R 着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

各光ノード装置は、自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値  $Q$  を保持し、

発ノードである光ノード装置は、次ホップの隣接光ノード装置に対して被減算値の初期値  $P$  を伝達し、

各光ノード装置は、自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値  $P$  あるいは既に当該初期値  $P$  から減算が行われた被減算値  $P'$  を受け取った場合には、 $(P - Q)$  あるいは  $(P' - Q)$  を演算し、

この演算結果と閾値とを比較して閾値よりも大きい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以下の場合には自己に到着する光信号

に対して 3 R 中継を実施し、

自己が当該被減算値が伝達された光パスの着ノードではないときには、自己を 3 R 発ノードとして被減算値の初期値 P を次ホップの隣接光ノード装置に伝達する

3 R 中継実施ノードの設定方法。

59. 3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノード、3 R 区間の終点となる光ノード装置を 3 R 着ノード、光パス設定要求元の光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、発ノードから着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

自己が発ノードである光ノード装置が着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に 1 ホップずつ順次光パスを設定する第七のステップと、

発ノードでない光ノード装置が自己に光パスが設定されると上り光パスに試験用光信号を送出する第八のステップと、

自己が発ノードである光ノード装置が前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する第九のステップと、

前記試験用光信号の送出元の光ノード装置がこの通知に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには自己が上り光パスから到着する光信号に対して 3 R 中継を実施する第十のステップと、

自己が上り光パスにおいて 3 R 中継を実施する光ノード装置が自己から着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に 1 ホップずつ順次光パスを設定し、前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する第十一のステップと

を実行する光パス設定方法。

60. 光信号を交換接続する光ノード装置における3R中継実施ノードの設定方法であって、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、当該3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、発ノードから着ノードへ向かう方向の光パスを下り光パス、着ノードから発ノードへ向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

各光ノード装置は、自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値 $q$ を保持し、

発ノードである光ノード装置は、次ホップの隣接光ノード装置に対して被加算値の初期値 $p$ を伝達し、

各光ノード装置は、自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値 $p$ あるいは既に当該初期値 $p$ に加算が行われた被加算値 $p'$ を受け取った場合には、( $p + q$ )あるいは( $p' + q$ )を演算し、

この演算結果と閾値とを比較して閾値よりも小さい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以上の場合には自己に到着する光信号に対して3R中継を実施し、

自己が当該被加算値が伝達された光パスの着ノードではないときには、自己を上り光パスにおける3R着ノードとして被加算値の初期値 $p$ を次ホップの隣接光ノード装置に伝達する

3R中継実施ノードの設定方法。

61. 光信号を交換接続する複数の光ノード装置と、この複数の光ノード装置間を接続する光伝送路とを備えた光ネットワークを管理する網制御装置であって、

3R (Reshaping, Retiming, Regeneration) 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、当該3R区間の始点となる光ノード装置を3

R発ノードとそれぞれ定義し、

前記光ネットワークのトポロジ情報を保持するトポロジ情報保持手段と、

入力されたホップ数情報に基づき指定された光ノード装置を3 R発ノードとする3 R区間の推定情報を前記トポロジ情報上に作成する手段と、

この作成する手段により作成された前記トポロジ情報上の3 R区間の推定情報の一部または全部を入力された指示に基づき変更する手段と、

この変更する手段により変更された前記トポロジ情報上の3 R区間の情報を前記光ノード装置に通知する手段と

を備えた網制御装置。

62. 3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、当該3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノードとそれぞれ定義し、

光信号を交換接続する複数の光ノード装置と、この複数の光ノード装置間を接続する光伝送路とを備えた光ネットワークを管理し、入力されたホップ数情報に基づき指定された光ノード装置を3 R発ノードとする3 R区間の推定情報をトポロジ情報上に作成する網制御装置に、前記ホップ数情報を与える保守者装置であって、

前記ホップ数情報は、3 R区間のホップ数推定値であり、

このホップ数推定値を生成する手段と、

前記光ネットワークのトポロジ情報を当該光ネットワークで使用される光ファイバ種類および波長帯の情報と共に保持する手段と、

光ファイバ種類および波長帯と単位区間当りの光信号の劣化度合いとの関係を記録したテーブルと

を備え、

前記生成する手段は、前記トポロジ情報上における光ファイバ種類および波長帯の情報と前記テーブルに記録された光ファイバ種類および波長帯と単位区間当りの光信号の劣化度合いとを参照して前記ホップ数推定値を生成する

保守者装置。

63. 光信号を交換接続する複数の光ノード装置と、この複数の光ノード装置間を接続する光伝送路とを備えた光ネットワークを管理する網制御装置であって、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、当該3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノードとそれぞれ定義し、

前記光ネットワークのトポロジ情報を保持するトポロジ情報保持手段と、

入力されたホップ数情報に基づき指定された光ノード装置を3R発ノードとする3R区間の推定情報を前記トポロジ情報上に作成する手段と、

この作成する手段により作成された前記トポロジ情報上の3R区間の推定情報に対応する前記光ネットワーク上の区間に試験用光パスを設定するように前記光ノード装置に指示する手段と、

この指示する手段により前記光ノード装置が設定した前記試験用光パスによる光信号劣化度合いの実測結果を収集する手段と、

この収集する手段により収集された前記光信号劣化度合いの実測結果に基づき前記作成する手段により作成された前記トポロジ情報上の3R区間の推定情報の一部または全部を変更する手段と、

この変更する手段により変更された前記トポロジ情報上の3R区間の情報を前記光ノード装置に通知する手段と

を備えた網制御装置。

64. 3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、当該3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノードとそれぞれ定義し、

光信号を交換接続する複数の光ノード装置と、この複数の光ノード装置間を接続する光伝送路とを備えた光ネットワークを管理し、入力されたホップ数情報に基づき指定された光ノード装置を3R発ノードとする3R区間の推定情報をトポロジ情報上に作成し、この作成された前記トポロジ情報上の3R区間の推定情報に対応する前記光ネットワーク上の区間に試験用光パスを設定するように前記光ノード装置に指示し、この指示により前記光ノード装置が設定した前記試験用光パスによる光信号劣化度合いの実測結果を収集し、この収集された前記光信号劣



化度合いの実測結果に基づき前記作成された前記トポロジ情報上の3R区間の推定情報の一部または全部を変更し、この変更された前記トポロジ情報上の3R区間の情報を前記光ノード装置に通知する網制御装置に、前記試験用光パスによる光信号劣化度合いの実測結果を通知する光ノード装置であって、

前記網制御装置により指示された試験用光パスを設定する手段と、

この設定する手段により設定された前記試験用光パスの光信号劣化度合いを実測する手段と、

この実測する手段の実測結果を前記網制御装置に通知する手段と  
を備えた光ノード装置。

65. 光信号を交換接続する複数の光ノード装置と、この複数の光ノード装置間を接続する光伝送路とを備えた光ネットワークを管理する網制御装置であって、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間と定義し、

前記光ネットワークのトポロジ情報を保持するトポロジ情報保持手段と、

前記光ネットワークに設定された3R区間を当該トポロジ情報に対応して保持する3R区間情報保持手段と、

前記光ネットワーク内のトラヒック需要情報を収集する手段と、

この収集する手段により収集された前記トラヒック需要情報に基づきトラヒック需要が増加した区間の中で前記3R区間情報保持手段の情報を参照して未だ3R区間情報が生成されていない区間を保守者に通知する手段と  
を備えた網制御装置。

66. 光信号を交換接続する複数の光ノード装置と、この複数の光ノード装置間を接続する光伝送路とを備えた光ネットワークを管理する網制御装置であって、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間と定義し、

前記光ネットワークのトポロジ情報を保持するトポロジ情報保持手段と、  
前記光ネットワークに設定された3 R区間を当該トポロジ情報に対応して保持する3 R区間情報保持手段と、  
前記光ネットワーク内のトラヒック需要情報を収集する手段と、  
この収集する手段により収集された前記トラヒック需要情報に基づきトラヒック需要が増加した区間の内で前記3 R区間情報保持手段を参照して未だ3 R区間情報が生成されていない区間の3 R区間情報を新たに生成する手段と  
を備えた網制御装置。

67. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノードとそれぞれ定義し、

自己に到着する光信号の劣化状態を検出する手段と、

この検出する手段の検出結果が信号劣化を検出したときには自己の一つ前のホップに相当する隣接光ノード装置に当該光ノード装置が3 R着ノードであると共に次3 R区間の3 R発ノードであることを通知する手段と、

自己が次ホップの隣接光ノード装置の前記通知する手段からの通知を受け取ったときには自己が3 R着ノードであると共に次3 R区間の3 R発ノードであることを認識する手段と、

自己が保持する3 R区間情報を当該認識結果に基づき更新する手段と  
を備えた光ノード装置。

68. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノードとそれぞれ定義し、

自己に到着する光信号の劣化状態を検出する手段と、

この検出する手段の検出結果が信号劣化を検出したときには自己が3 R着ノード

ドであると共に次3 R区間の3 R発ノードであると認識する手段と、

自己が保持する3 R区間情報を当該認識結果に基づき更新する手段と  
を備えた光ノード装置。

69. 3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

自己から着ノードまでの経路上の3 R区間情報を生成する光ノード装置であつて、

前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に光パスが設定される毎に試験用光信号を送出する手段と、

この送出手段により前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光信号が送出される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の他光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を受け取る手段と、

この受け取る手段により受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の他光ノード装置の一つ前ホップに相当する他光ノード装置に対して当該他光ノード装置が3 R着ノードであると共に次3 R区間の3 R発ノードであることを通知する手段と

を備え、

当該通信を受け取った前記他光ノード装置は、

前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に光パスが設定される毎に試験用光信号を送出する手段と、

この送出手段により前記着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光信号が送出される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の他光ノード装置からの当該試験

用光信号の劣化状況の報告を受け取る手段と、

この受け取る手段により受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の他光ノード装置の一つ前ホップに相当する他光ノード装置に対して当該他光ノード装置が3 R着ノードであると共に次3 R区間の3 R発ノードであることを通知する手段とを備えた光ノード装置。

70. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノードとそれぞれ定義し、

自己から3 R区間情報測定対象となる被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次試験用光パスを設定する手段と、

この設定する手段により前記被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光パスが設定される毎に試験用光信号を送出する手段と、

この送出手段により前記被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光信号が送出手段される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の他光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を受け取る手段と、

この受け取る手段により受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の他光ノード装置の一つ前ホップに相当する他光ノード装置を3 R着ノードであると共に次3 R区間の3 R発ノードとして認識する手段とを備えた光ノード装置。

71. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、当該

3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、当該3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値Qを保持する手段と、

自己が発ノードである場合には、次ホップの隣接光ノード装置に対して被減算値の初期値Pを伝達する手段と、

自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値Pあるいは既に当該初期値Pから減算が行われた被減算値P'を受け取った場合には、 $(P - Q)$ あるいは $(P' - Q)$ を演算する手段と、

この演算する手段の演算結果と閾値とを比較して閾値よりも大きい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以下の場合には自己が当該被減算値の初期値Pを送出した光ノード装置を3 R発ノードとした場合の3 R着ノードであると認識する手段と、

自己が3 R着ノードであると認識し、当該被減算値が伝達された光パスの着ノードではないときには、自己を3 R発ノードとして被減算値の初期値Pを次ホップの隣接光ノード装置に伝達する手段と

を備えた光ノード装置。

## 7 2. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パス設定要求元の光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、発ノードから着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

自己に到着する上り光パスの光信号の劣化状態を検出する手段と、

この検出する手段の検出結果が信号劣化を検出したときには自己の次ホップに相当する隣接光ノード装置に当該光ノード装置が上り光パスにおける3 R着ノード

ドであると共に次3 R区間の3 R発ノードであることを通知する手段と、

自己が前ホップの隣接光ノード装置の前記通知する手段からの通知を受け取ったときには自己が上り光パスにおける3 R着ノードであると共に次3 R区間の3 R発ノードであることを認識する手段と、

自己が保持する3 R区間情報を当該認識結果に基づき更新する手段とを備えた光ノード装置。

7 3. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パス設定要求元の光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、発ノードから着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

自己に到着する上り光パスの光信号の劣化状態を検出する手段と、

この検出する手段の検出結果が信号劣化を検出したときには自己が上り光パスにおける3 R着ノードであると共に次3 R区間の3 R発ノードであると認識する手段と、

自己が保持する3 R区間情報を当該認識結果に基づき更新する手段とを備えた光ノード装置。

7 4. 3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パス設定要求元の光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、発ノードから着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

発ノードから着ノードまでの経路上の3 R区間情報を生成する光ノード装置であって、

自己が発ノードであるときに着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次光パスを設定する手段を備え、

自己が発ノードでないときに自己に光パスが設定されると上り光パスに試験用光信号を送出する手段を備え、

自己が発ノードであるときに前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する手段を備え、

前記試験用光信号の送出元の光ノード装置は、この通知に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには自己が上り光パスにおける3R発ノードであると共に前3R区間の3R着ノードであることを認識する手段を備え、

自己が上り光パスにおける3R発ノードであると共に前3R区間の3R着ノードであることを認識した光ノード装置であるときに自己から着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次光パスを設定し、前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する手段を備えた光ノード装置。

75. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノード、光パス設定要求元の光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、発ノードから着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

自己が発ノードであるときに3R区間情報測定対象となる被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次試験用上り光パスを設定する手段を備え、

この試験用上り光パスが設定された光ノード装置は、当該試験用上り光パスに

対して試験用光信号を送出する手段を備え、

自己が発ノードであるときに前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する手段を備え、

前記試験用光信号の送出元の光ノード装置は、この通知に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには自己が上り光パスにおける3R発ノードであると共に前3R区間の3R着ノードであることを認識する手段を備え、

自己が上り光パスにおける3R発ノードであると共に前3R区間の3R着ノードであることを認識した光ノード装置であるときに3R区間情報測定対象となる被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次試験用上り光パスを設定し、前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する手段を備えた

光ノード装置。

76. 前記更新する手段により更新された3R区間情報を他光ノード装置に広告する手段と、

他光ノード装置からの前記広告を受信して自己が保持する3R区間情報を更新する手段と

を備えた請求項67、68、72、73のいずれかに記載の光ノード装置。

77. 前記認識する手段による認識結果を保持する手段を備えた請求項70または75記載の光ノード装置。

78. 前記認識する手段による認識結果を他光ノード装置に広告する手段と、

他光ノード装置からの広告を受信して自己の認識結果と共に当該広告に含まれる認識結果を保持する手段と

を備えた請求項70または75記載の光ノード装置。



79. 光ネットワークを管理し、当該光ネットワークにおける3R区間の情報を保持する網制御装置に対し、前記認識する手段による認識結果を通知する手段を備えた請求項70または75記載の光ノード装置。

80. 3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノードとそれぞれ定義し、

光ネットワークを管理し、当該光ネットワークにおける3R区間の情報を保持する網制御装置であって、

前記光ネットワークを構成する光ノード装置からの3R着ノードまたは3R発ノードの情報を受け取り前記保持している3R区間の情報を更新する手段を備えた

網制御装置。

81. 光信号を交換接続する光ノード装置であって、

3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、当該3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、当該3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、発ノードから着ノードへ向かう方向の光パスを下り光パス、着ノードから発ノードへ向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値 $q$ を保持する手段と、

自己が発ノードである場合には、次ホップの隣接光ノード装置に対して被加算値の初期値 $p$ を伝達する手段と、

自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値 $p$ あるいは既に当該初期値 $p$ に加算が行われた被加算値 $p'$ を受け取った場合には、 $(p + q)$ あるいは $(p' + q)$ を演算する手段と、

この演算する手段の演算結果と閾値とを比較して閾値よりも小さい場合には当

該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以上の場合には自己が当該被加算値の初期値  $p$  を送出した光ノード装置を上り光パスにおける 3 R 着ノードとした場合の 3 R 発ノードであると認識する手段と、

自己が上り光パスにおける 3 R 発ノードであると認識し、当該被加算値が伝達された光パスの着ノードではないときには、自己を上り光パスにおける 3 R 着ノードとして被加算値の初期値  $p$  を次ホップの隣接光ノード装置に伝達する手段とを備えた光ノード装置。

82. 請求項 64 または 67 ないし 79 または 81 のいずれかに記載の光ノード装置または請求項 62 記載の保守者装置または請求項 61、63、65、66、80 のいずれかに記載の網制御装置を備えた光ネットワーク。

83. 3 R 中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を 3 R 区間、当該 3 R 区間の始点となる光ノード装置を 3 R 発ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

発ノードから着ノードまでの経路上の 3 R 区間情報の生成方法であって、

前記着ノードまでの経路に含まれる光ノード装置に対して発ノードとなる光ノード装置の次ホップの隣接光ノード装置から 1 ホップずつ順番に光パスが設定される毎に前記発ノードとなる光ノード装置から試験用光信号を送出する第一のステップと、

この第一のステップにより前記着ノードまでの経路に含まれる光ノード装置に対して前記発ノードとなる光ノード装置の次ホップの隣接光ノード装置から 1 ホップずつ順番に試験用光信号が送出される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を前記発ノードとなる光ノード装置が受け取る第二のステップと、

この第二のステップにより受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記発ノードとなる光ノード装置が前記最遠端の光ノード装置の一つ前ホップに相当する光ノード装置に対して当

該光ノード装置が3 R着ノードであると共に次3 R区間の3 R発ノードであることを通知する第三のステップと

を実行し、

当該通知を受け取った前記光ノード装置は、

前記着ノードまでの経路に含まれる光ノード装置に対して自己の次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に光パスが設定される毎に自己から試験用光信号を送出する第四のステップと、

この第四のステップにより前記着ノードまでの経路に含まれる光ノード装置に対して自己の次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光信号が送出される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を自己が受け取る第五のステップと、

この第五のステップにより受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには自己が前記最遠端の光ノード装置の一つ前ホップに相当する光ノード装置に対して当該光ノード装置が3 R着ノードであると共に次3 R区間の3 R発ノードであることを通知する第六のステップと

を実行する3 R区間情報の生成方法。

84. 3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、当該3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノードとそれぞれ定義し、

光信号を交換接続する光ノード装置における3 R区間情報の生成方法であって

3 R発ノードとなる光ノード装置から3 R区間情報測定対象となる被測定リンクに含まれる光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次試験用光パスを設定する第七のステップと、

この第七のステップにより前記被測定リンクに含まれる光ノード装置に対して前記3 R発ノードとなる光ノード装置の次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光パスが設定される毎に試験用光信号を送出する第八のステップと、

この第八のステップにより前記被測定リンクに含まれる光ノード装置に対して前記3 R発ノードとなる光ノード装置の次ホップの隣接光ノード装置から1ホップずつ順番に試験用光信号が送出される毎に当該試験用光信号を受信した最遠端の光ノード装置からの当該試験用光信号の劣化状況の報告を前記3 R発ノードとなる光ノード装置が受け取る第九のステップと、

この第九のステップにより受け取った前記報告結果に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには前記最遠端の光ノード装置の一つ前ホップに相当する光ノード装置を3 R着ノードとして前記3 R発ノードとなる光ノード装置が認識する第十のステップと

を実行する3 R区間情報の生成方法。

85. 光信号を交換接続する光ノード装置における3 R区間情報の生成方法であって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、当該3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、当該3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノードとそれぞれ定義し、

各光ノード装置は、自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値 $Q$ を保持し、

発ノードである光ノード装置は、次ホップの隣接光ノード装置に対して被減算値の初期値 $P$ を伝達し、

各光ノード装置は、自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値 $P$ あるいは既に当該初期値 $P$ から減算が行われた被減算値 $P'$ を受け取った場合には、 $(P - Q)$ あるいは $(P' - Q)$ を演算し、

この演算結果と閾値とを比較して閾値よりも大きい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以下の場合には自己が当該被減算値の初期値 $P$ を送出した光ノード装置を3 R発ノードとした場合の3 R着ノードであると認識し、

自己が3 R着ノードであると認識し、当該被減算値が伝達された光パスの着ノ

ードではないときには、自己を3 R発ノードとして被減算値の初期値Pを次ホップの隣接光ノード装置に伝達する

3 R区間情報の生成方法。

86. 3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パス設定要求元の光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、発ノードから着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

発ノードから着ノードまでの経路上の3 R区間情報の生成方法であって、

自己が発ノードである光ノード装置が着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次光パスを設定する第十一のステップと、

発ノードでない光ノード装置が自己に光パスが設定されると上り光パスに試験用光信号を送出する第十二のステップと、

自己が発ノードである光ノード装置が前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する第十三のステップと、

前記試験用光信号の送出元の光ノード装置がこの通知に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには自己が上り光パスにおける3 R発ノードであると共に前3 R区間の3 R着ノードであることを認識する第十四のステップと、

自己が上り光パスにおける3 R発ノードであると共に前3 R区間の3 R着ノードであることを認識した光ノード装置が自己から着ノードまでの経路に含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次光パスを設定し、前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する第十五のステップと

を実行する3 R区間情報の生成方法。

87. 3R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3R区間、3R区間の始点となる光ノード装置を3R発ノード、3R区間の終点となる光ノード装置を3R着ノード、光パス設定要求元の光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、発ノードから着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

発ノードから着ノードまでの経路上の3R区間情報の生成方法であって、

発ノードである光ノード装置が3R区間情報測定対象となる被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次試験用上り光パスを設定する第十六のステップと、

この試験用上り光パスが設定された光ノード装置が当該試験用上り光パスに対して試験用光信号を送出する第十七のステップと、

発ノードである光ノード装置が前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する第十八のステップと、

前記試験用光信号の送出元の光ノード装置がこの通知に基づく前記試験用光信号の劣化状況が所定の劣化条件を満たすときには自己が上り光パスにおける3R発ノードであると共に前3R区間の3R着ノードであることを認識する第十九のステップと、

自己が上り光パスにおける3R発ノードであると共に前3R区間の3R着ノードであることを認識した光ノード装置が3R区間情報測定対象となる被測定リンクに含まれる他光ノード装置に対して次ホップの隣接光ノード装置から順番に1ホップずつ順次試験用上り光パスを設定し、前記試験用光信号を受信して当該試験用光信号の劣化状況の報告を当該試験用光信号の送出元に対して通知する第二十のステップと

を実行する3R区間情報の生成方法。

88. 光信号を交換接続する光ノード装置における3R区間情報の生成方法で

あって、

3 R中継なしでデータ伝送できるあらかじめ設定された区間を3 R区間、当該3 R区間の始点となる光ノード装置を3 R発ノード、当該3 R区間の終点となる光ノード装置を3 R着ノード、光パスの設定要求元となる光ノード装置を発ノード、当該光パスの終点となる光ノード装置を着ノード、発ノードから着ノードに向かう方向の光パスを下り光パス、着ノードから発ノードに向かう方向の光パスを上り光パスとそれぞれ定義し、

各光ノード装置は、自己と隣接ノードとの間のリンクにおける光信号劣化特性に基づきあらかじめリンク毎に定められた値  $q$  を保持し、

発ノードである光ノード装置は、次ホップの隣接光ノード装置に対して被加算値の初期値  $p$  を伝達し、

各光ノード装置は、自己が前ホップの隣接光ノード装置から当該初期値  $p$  あるいは既に当該初期値  $p$  に加算が行われた被加算値  $p'$  を受け取った場合には、 $(p + q)$  あるいは  $(p' + q)$  を演算し、

この演算結果と閾値とを比較して閾値よりも小さい場合には当該演算結果を次ホップの隣接光ノード装置に伝達し、閾値以上の場合には自己が当該被加算値の初期値  $p$  を送出した光ノード装置を上り光パスの3 R着ノードとした場合の3 R発ノードであると認識し、

自己が上り光パスにおける3 R発ノードであると認識し、当該被加算値が伝達された光パスの着ノードではないときには、自己を上り光パスにおける3 R着ノードとして被加算値の初期値  $p$  を次ホップの隣接光ノード装置に伝達する

3 R区間情報の生成方法。

1/66

図 1

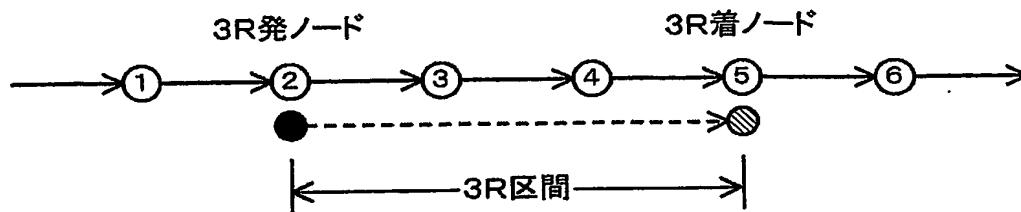


図 2

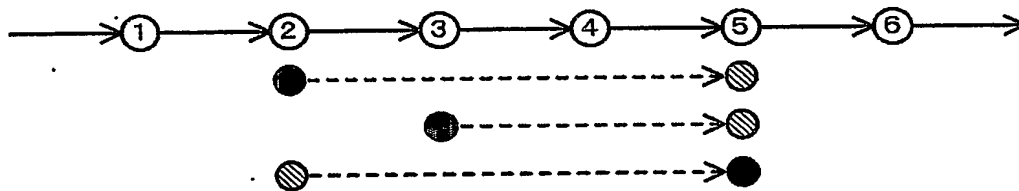
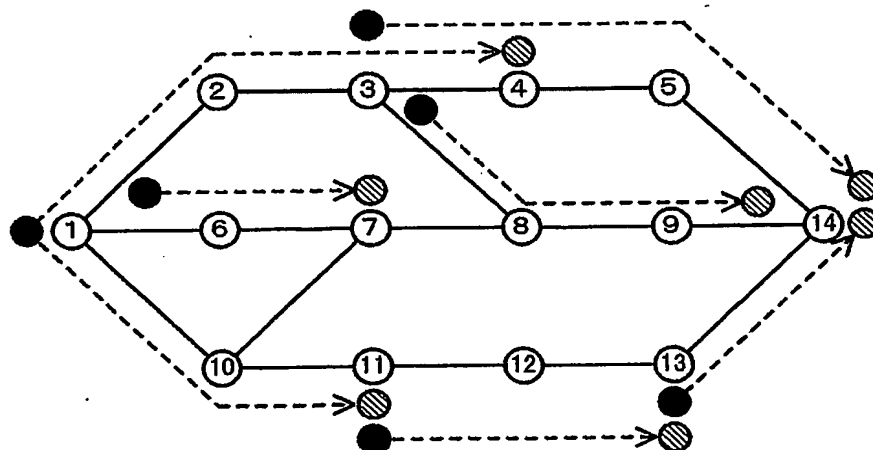


図 3





2/66

図 4

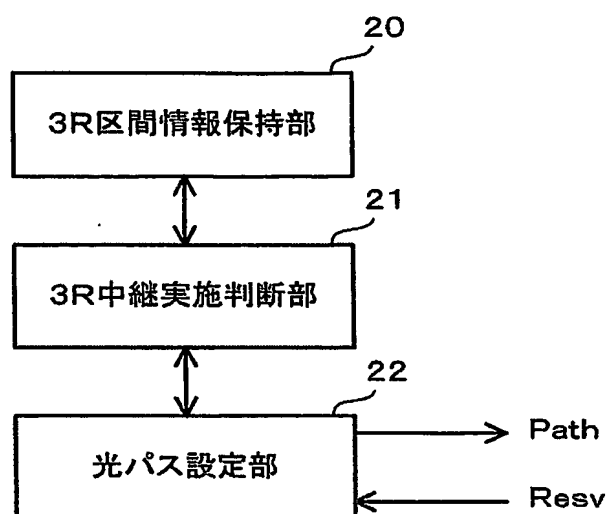
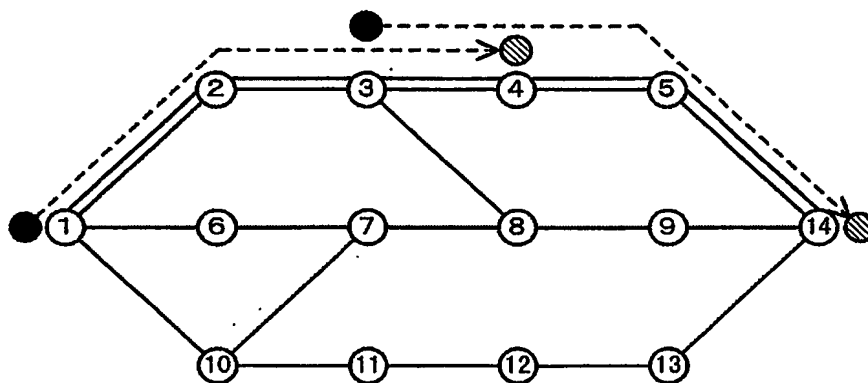


図 5



3/66

図 6

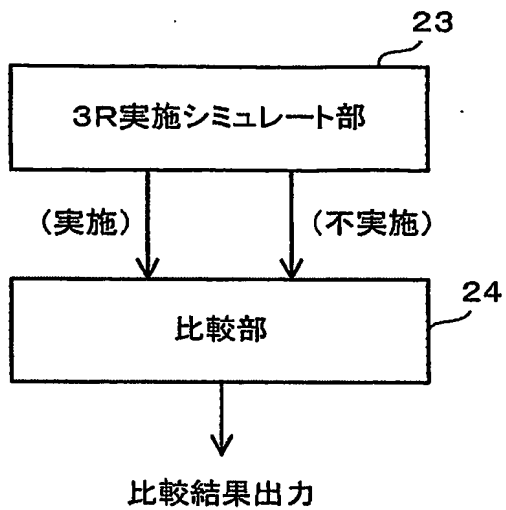
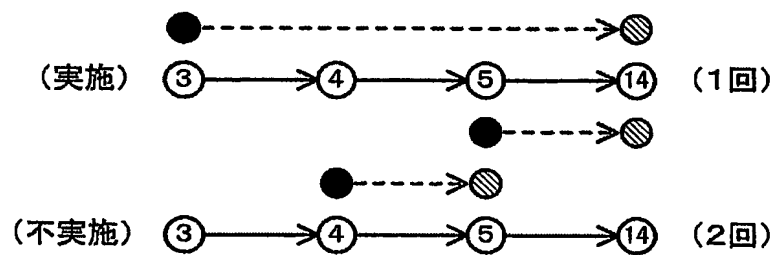


図 7



4/66

図 8

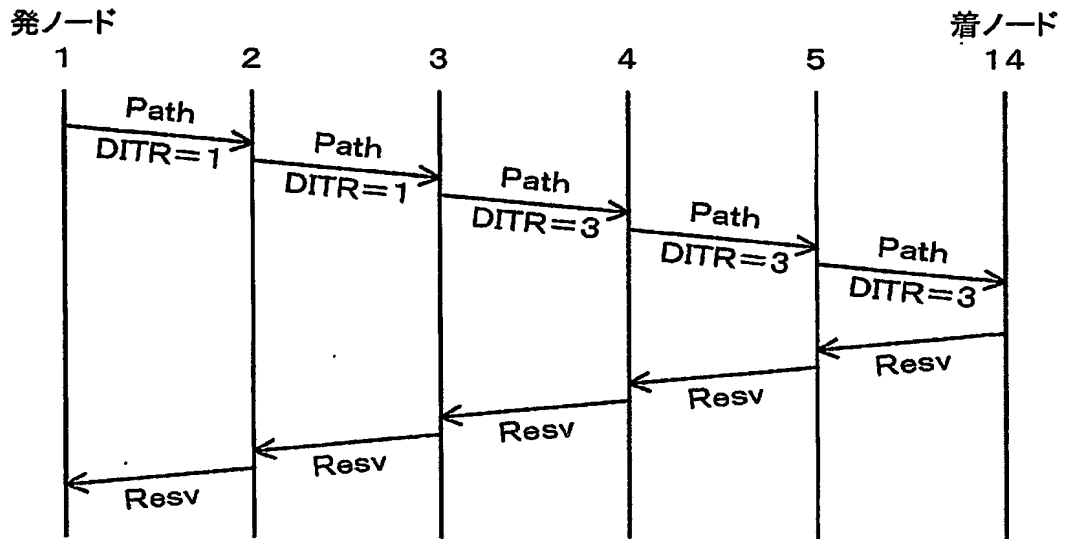
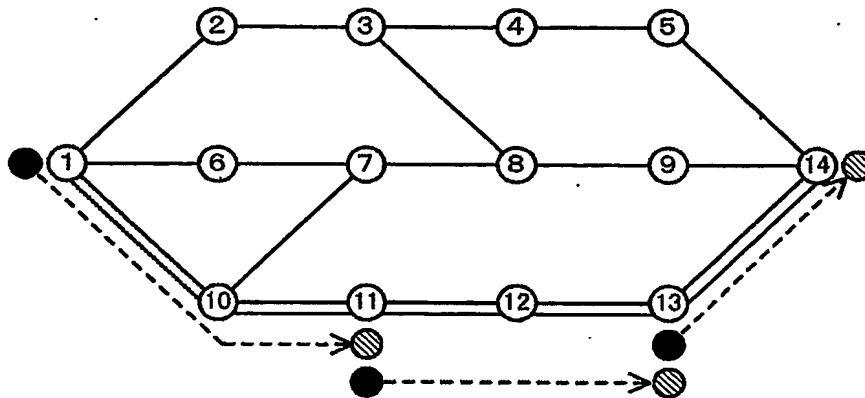


図 9



5/66

図 1 0

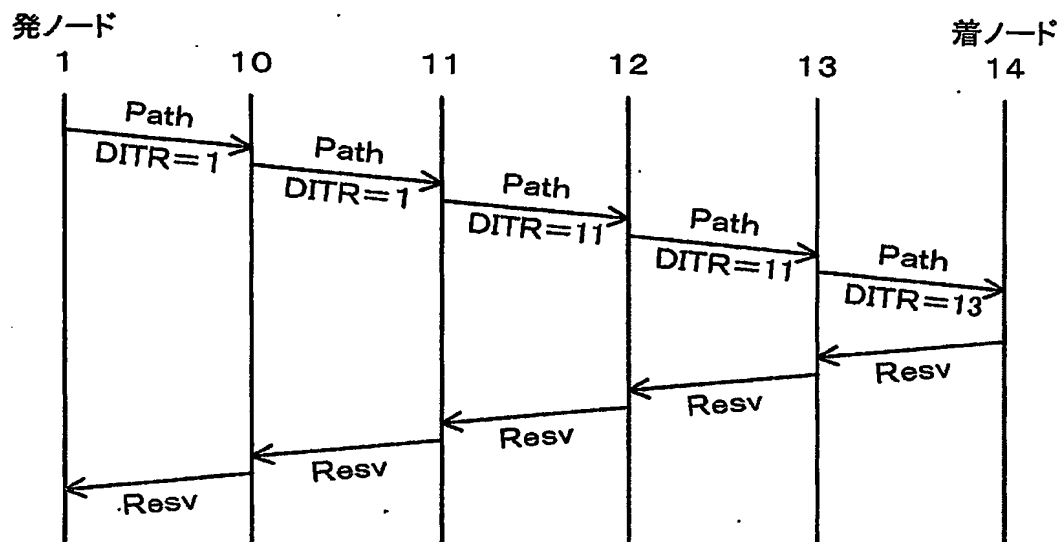
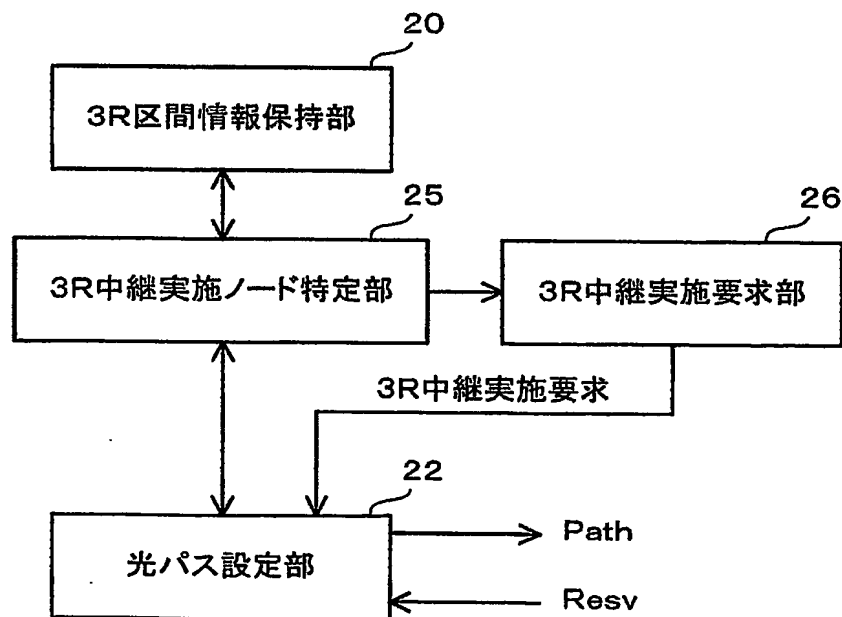


図 1 1



6/66

図 1 2

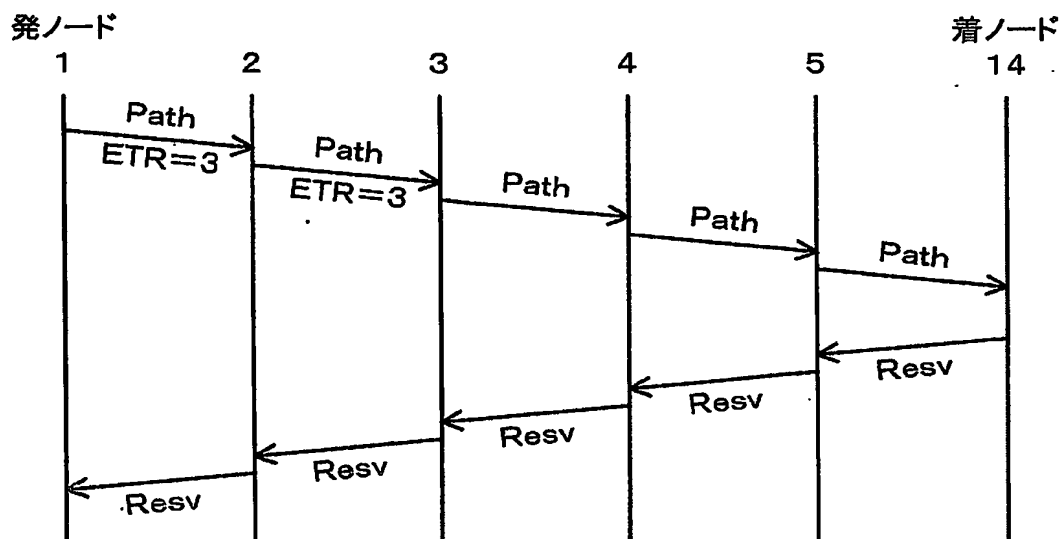
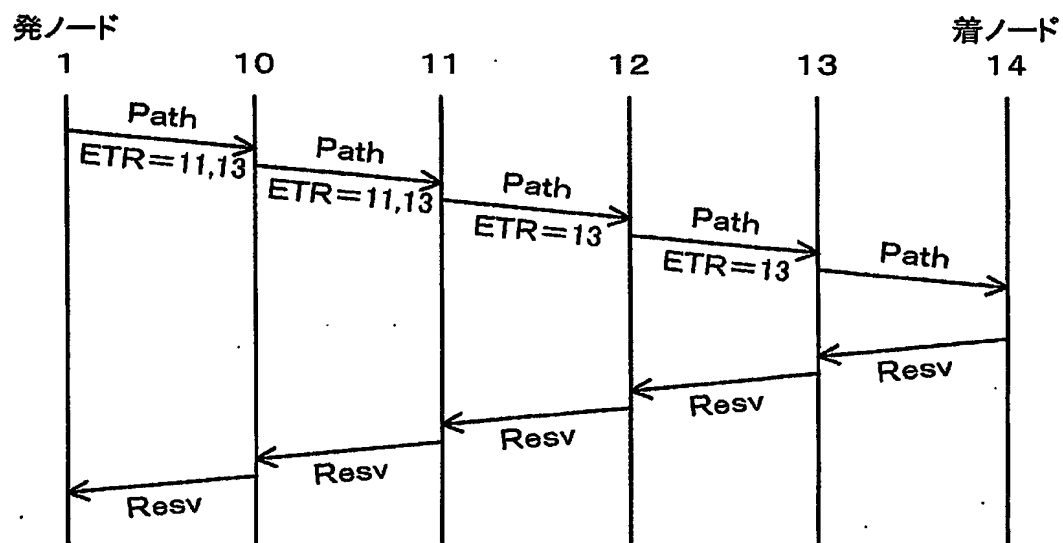


図 1 3



7/66

図 1 4

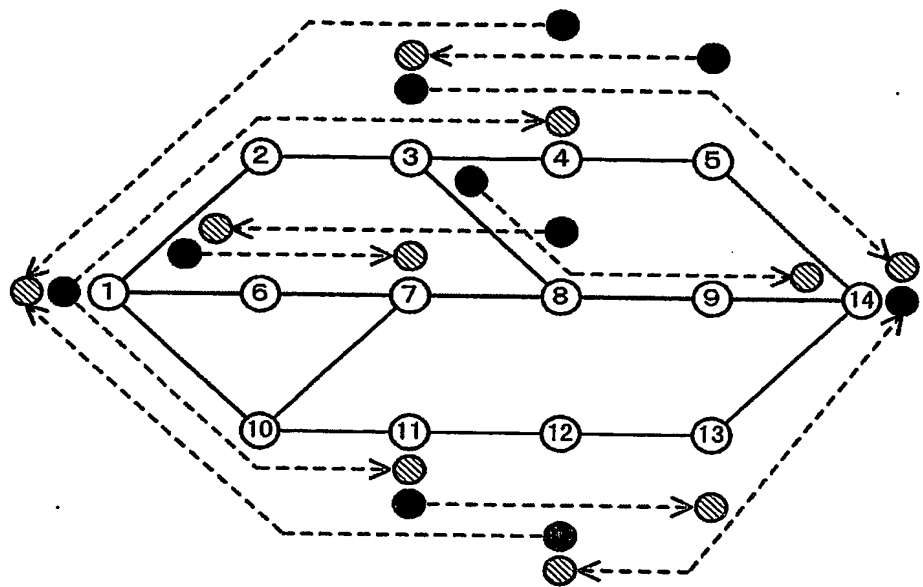
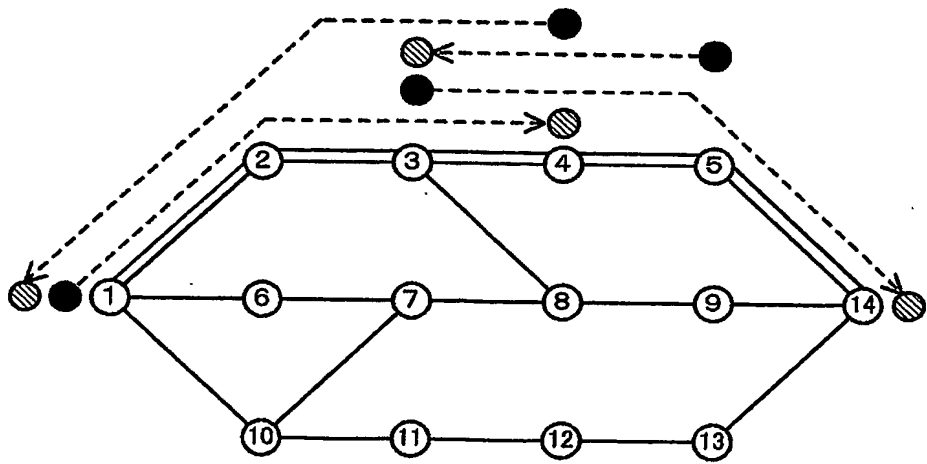


図 1 5



8/66

図 1 6

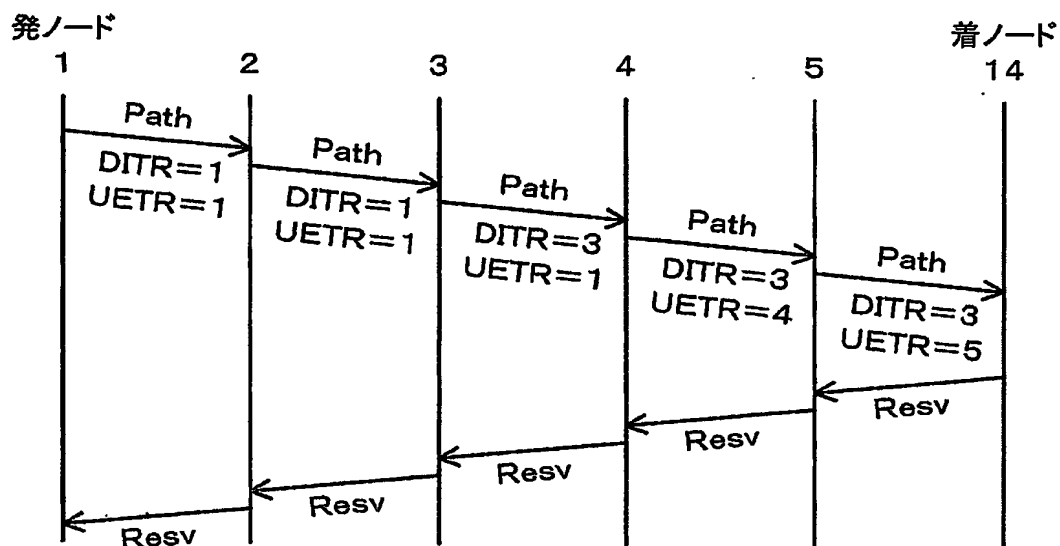
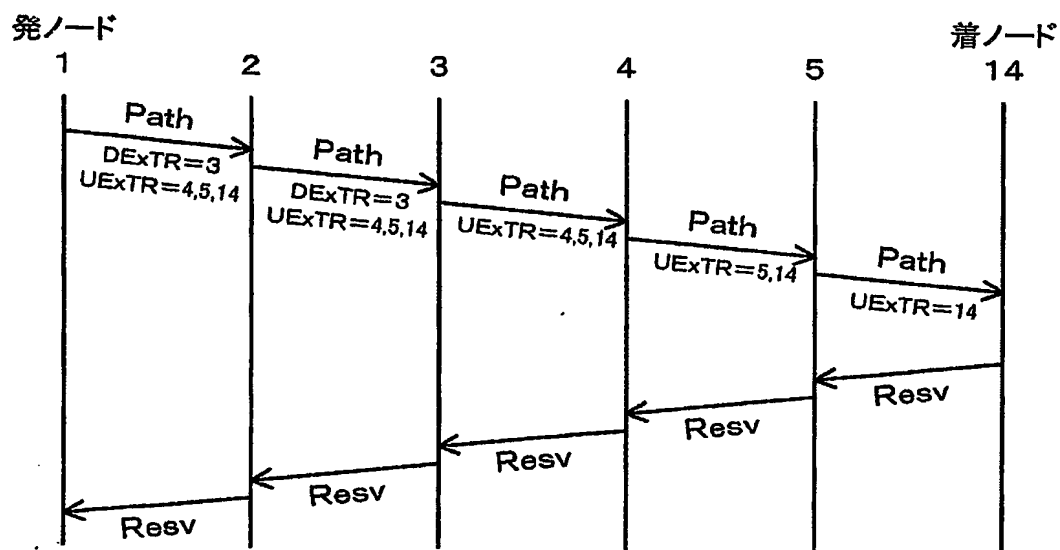


図 1 7



9/66

図 18

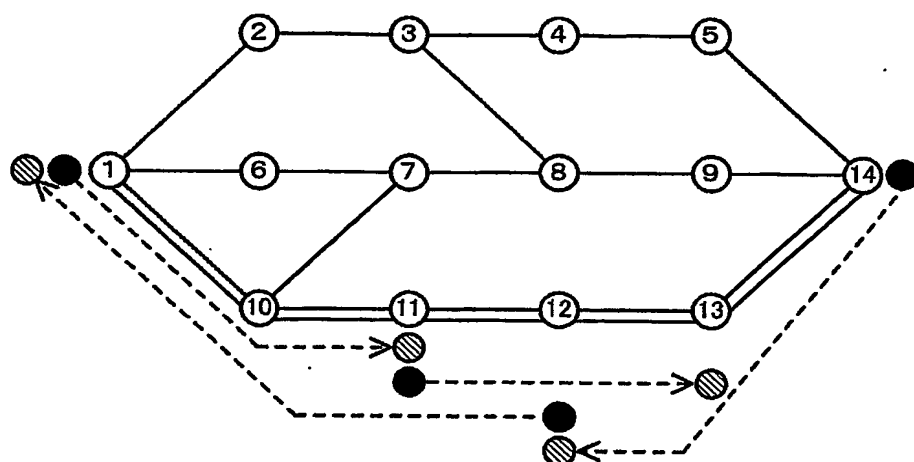
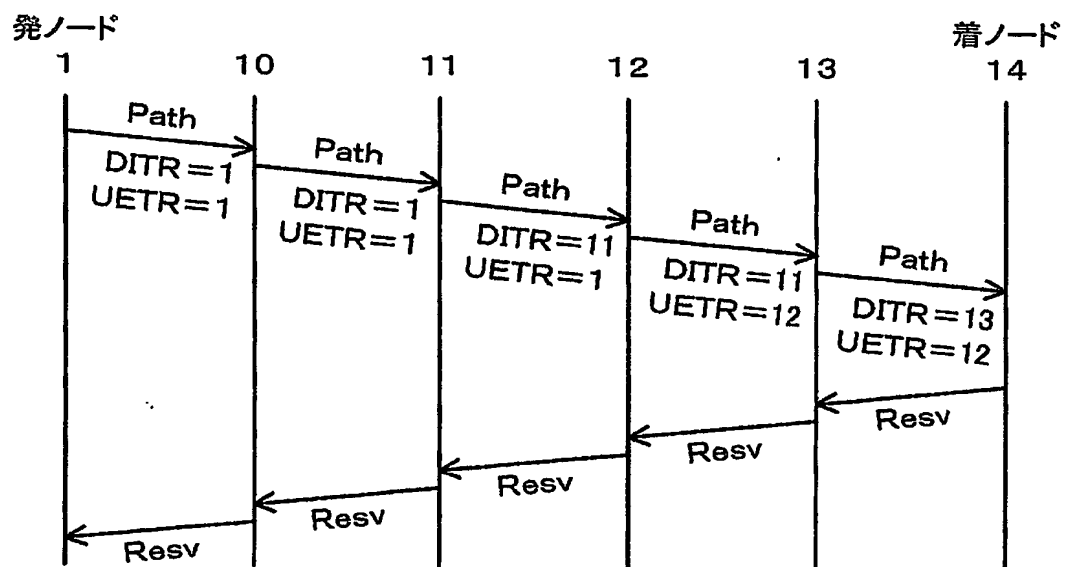


図 19





10/66

図 2 0

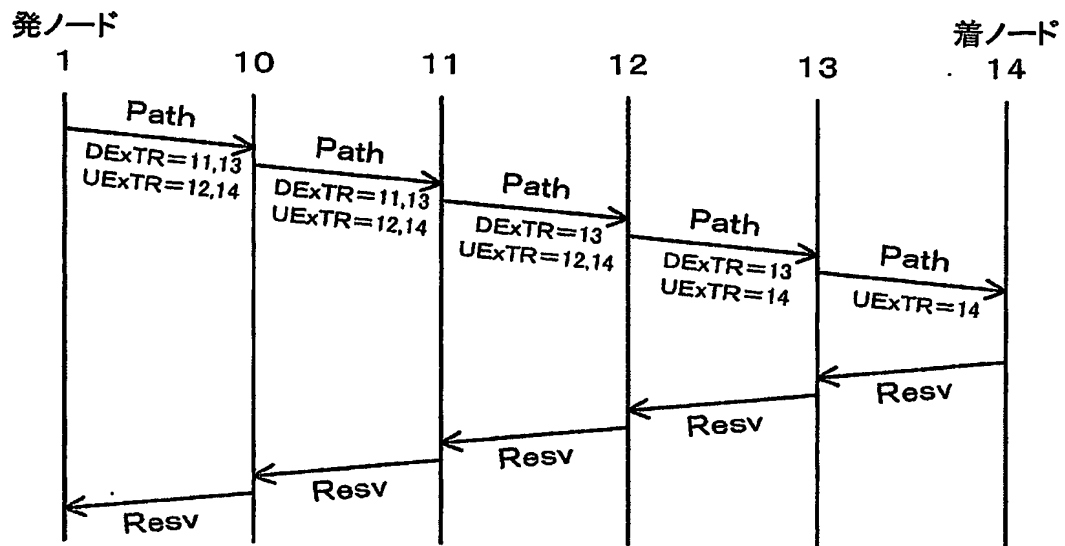
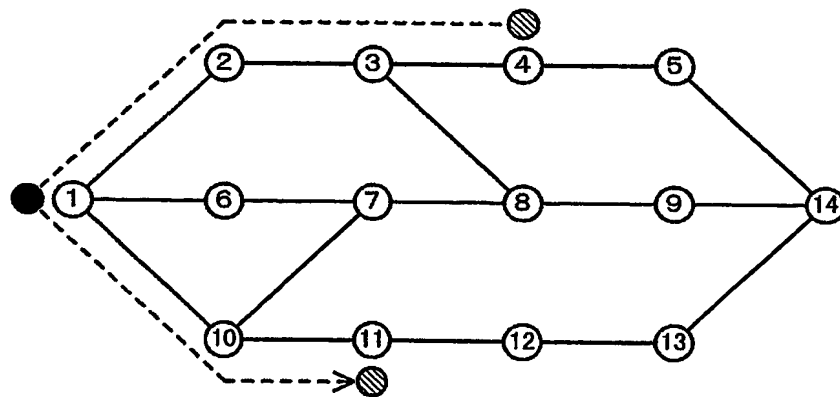


図 2 1



11/66

図 2 2

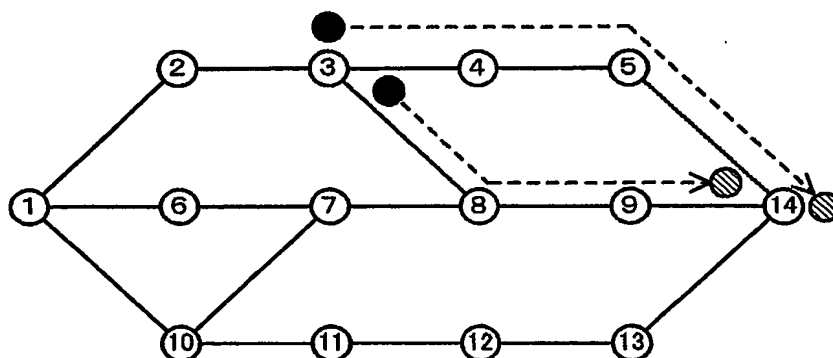
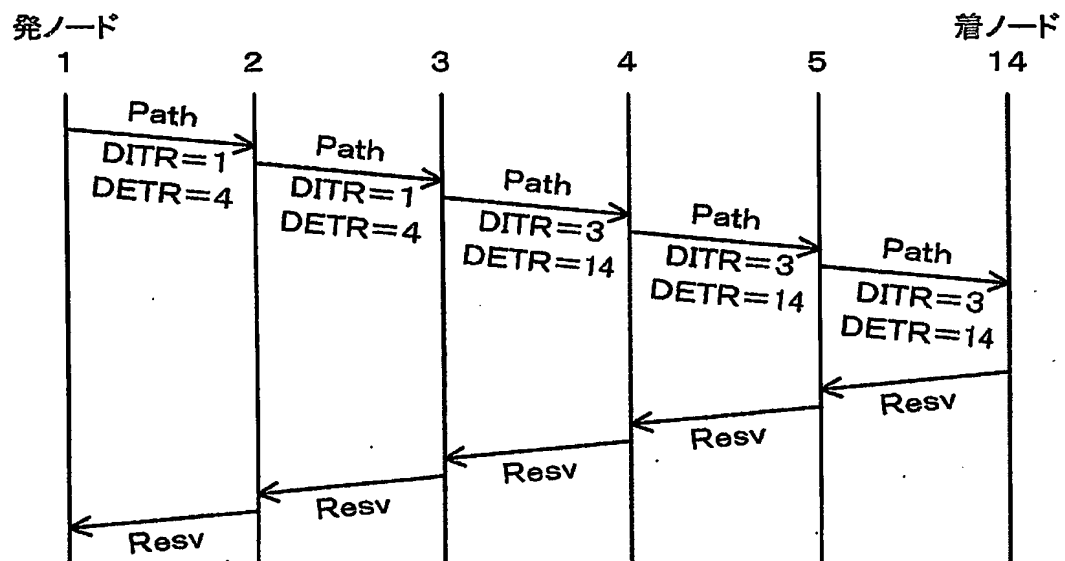


図 2 3



12/66

図 2 4

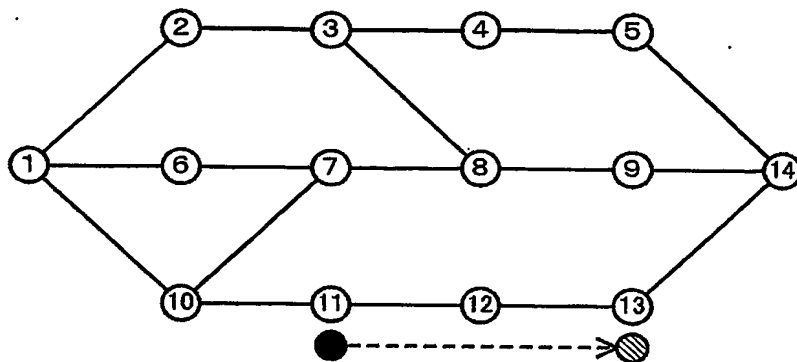
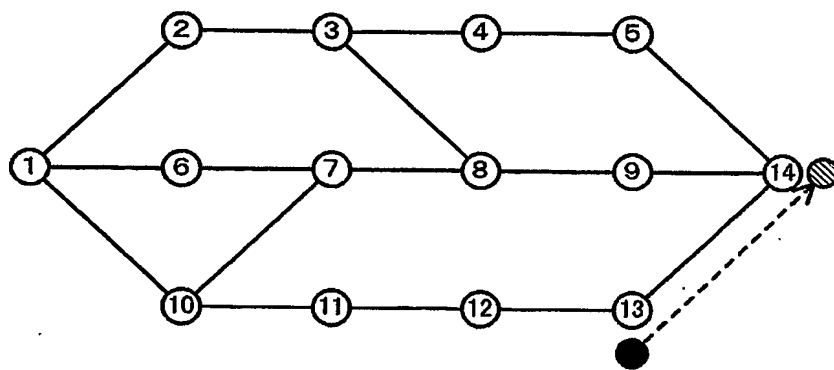


図 2 5



13/66

図 2 6

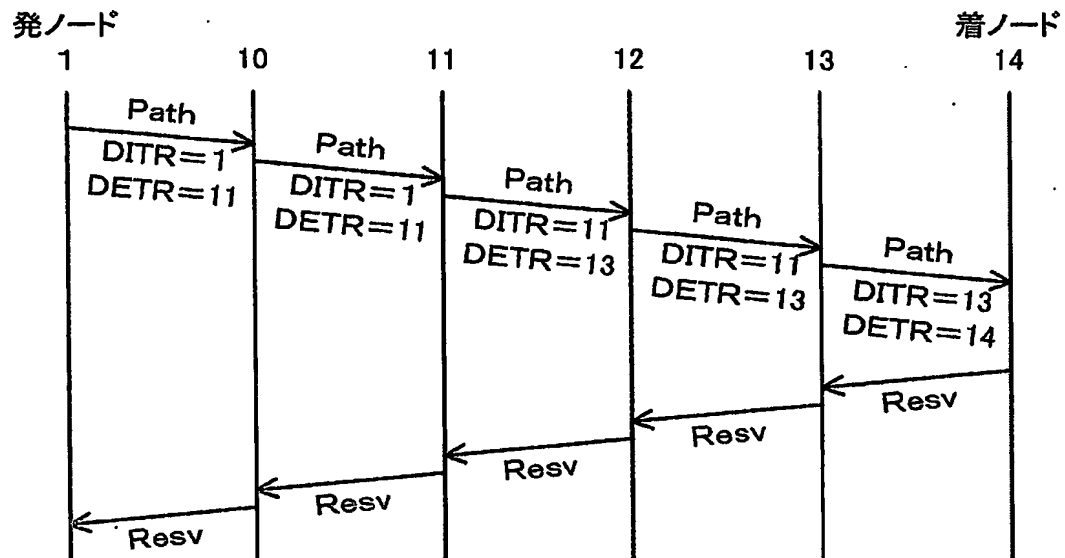
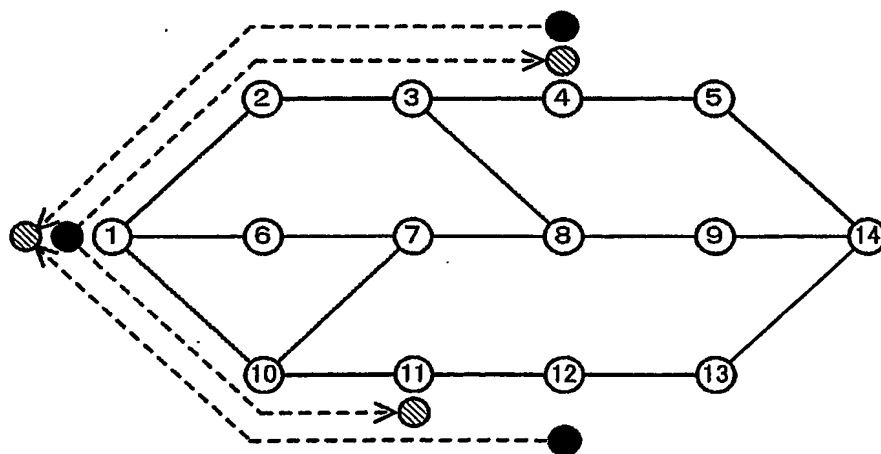


図 2 7



14/66

図 28

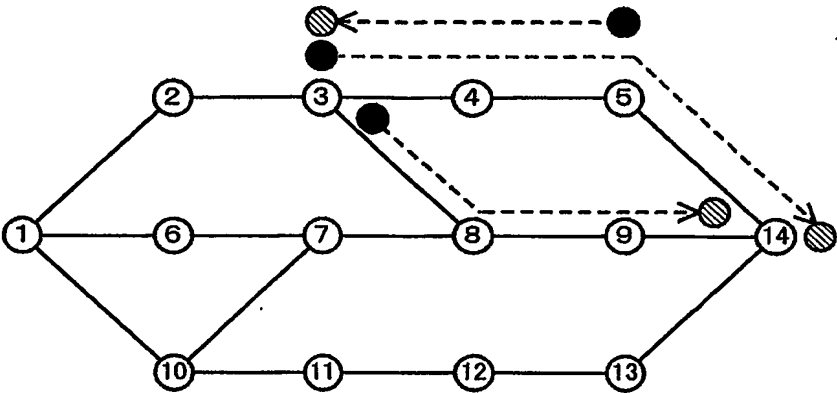
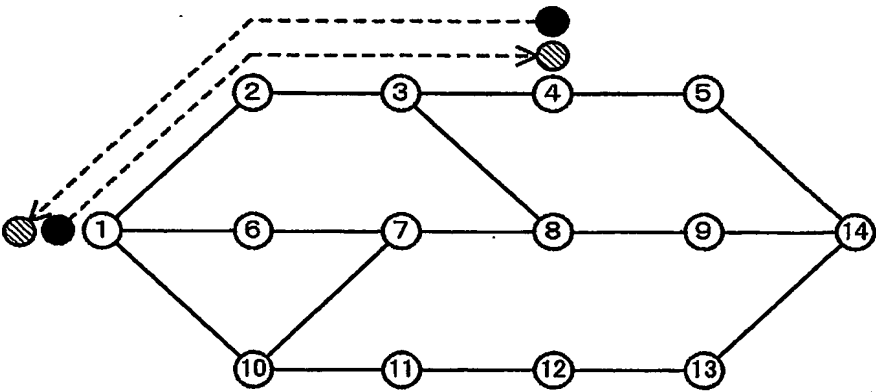


図 29



15/66

図 3 0

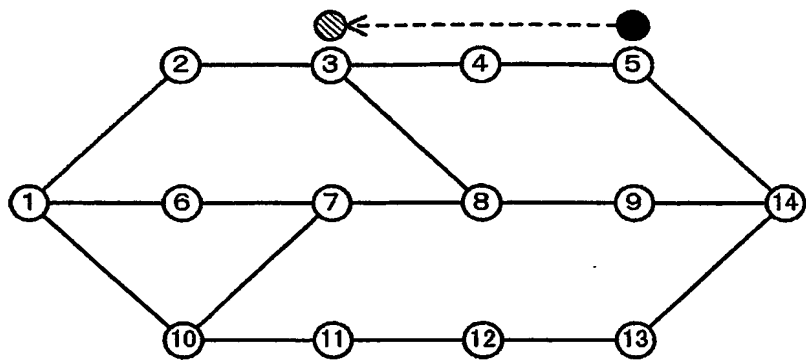
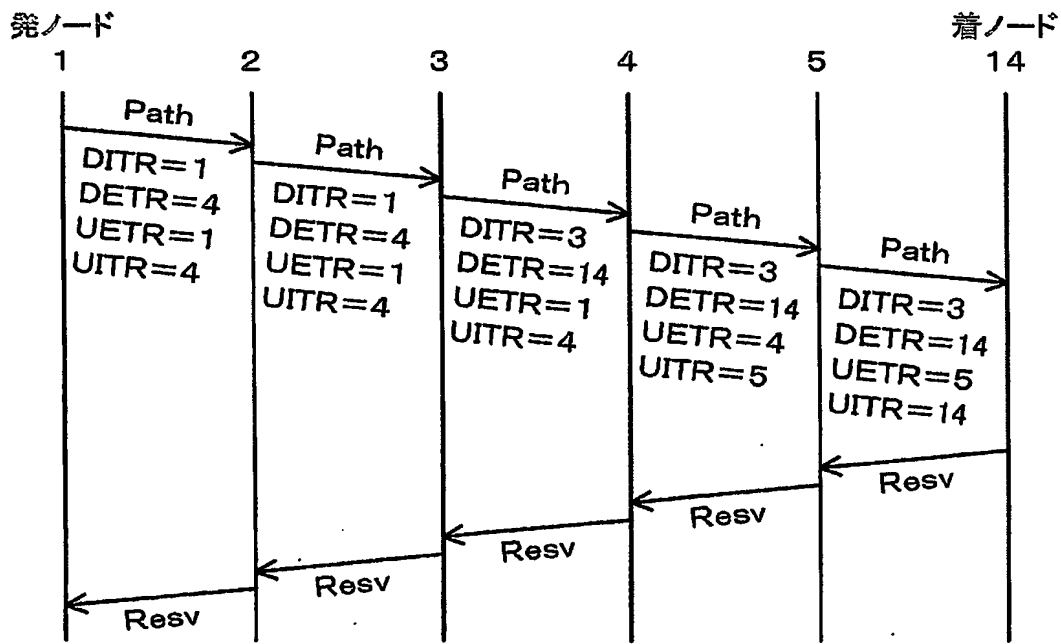


図 3 1



16/66

図 3 2

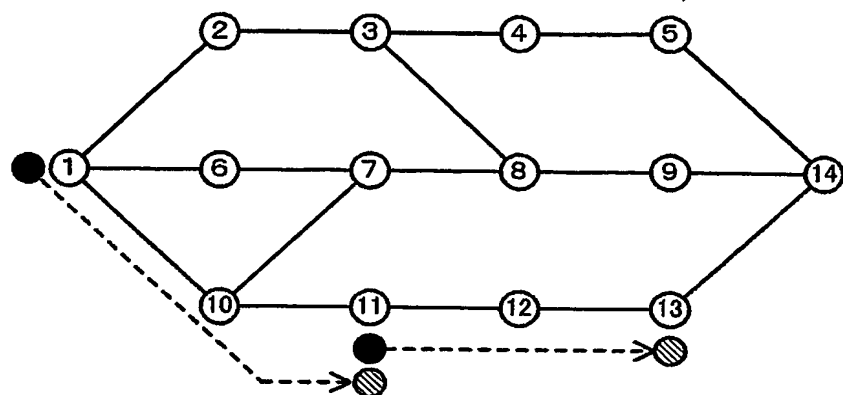
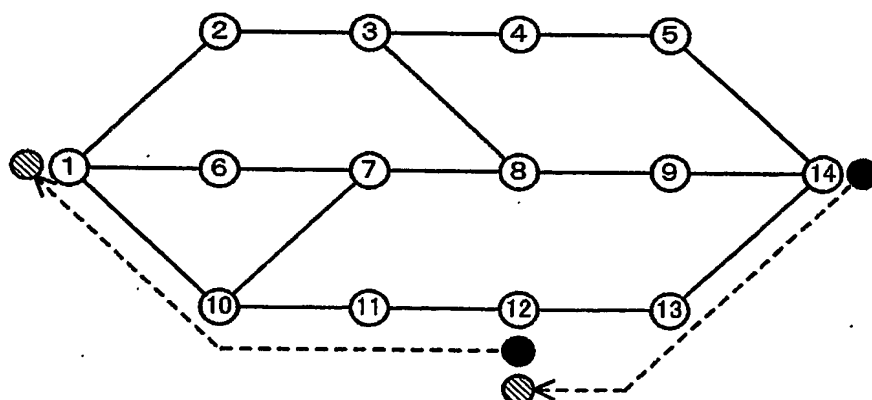


図 3 3



17/66

図 3 4

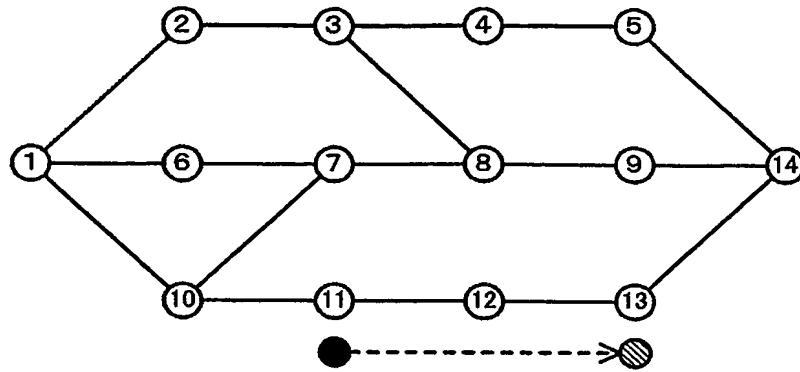
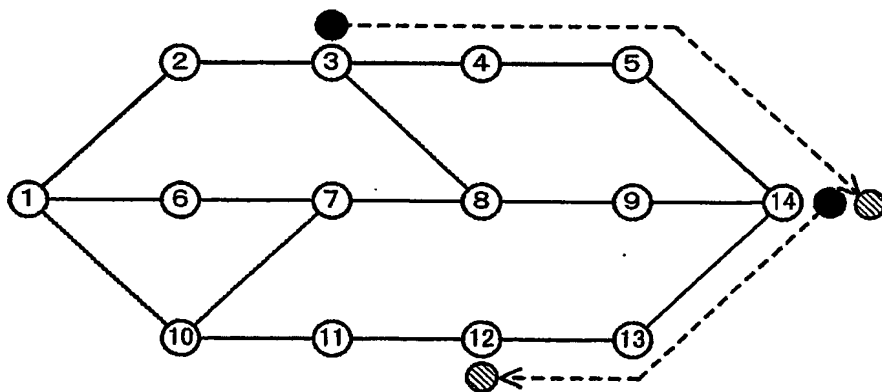


図 3 5





18/66

図 3 6

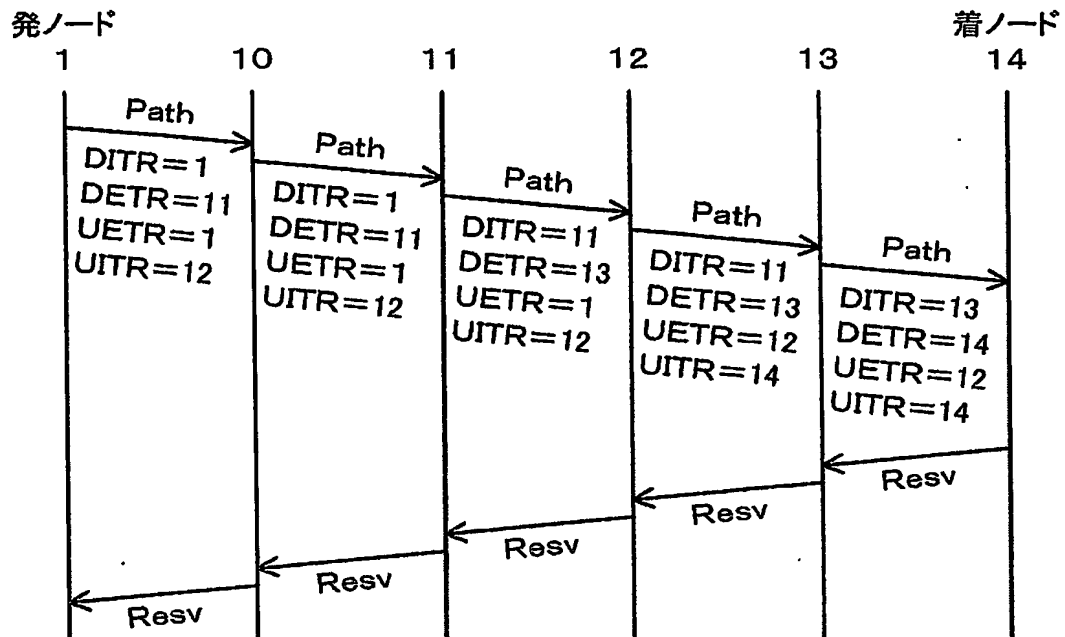


図 3 7

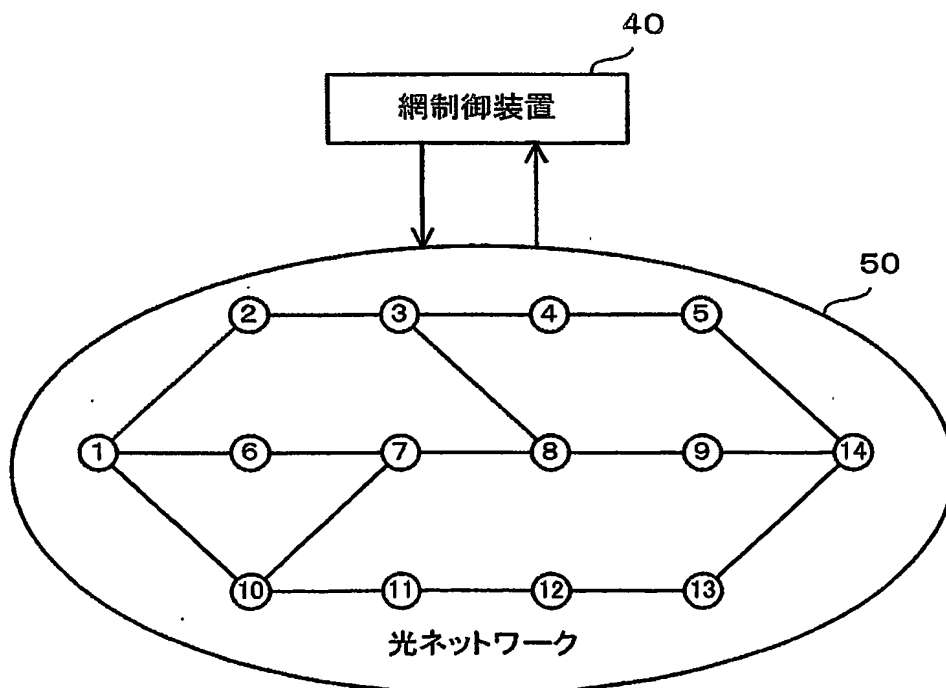


図 38

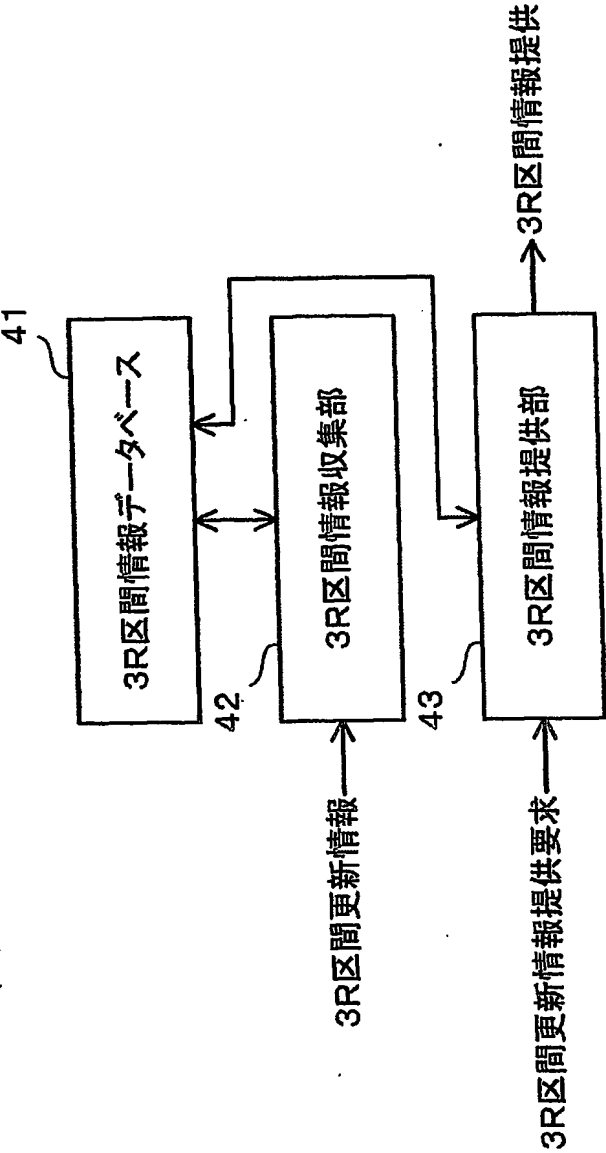


図 39

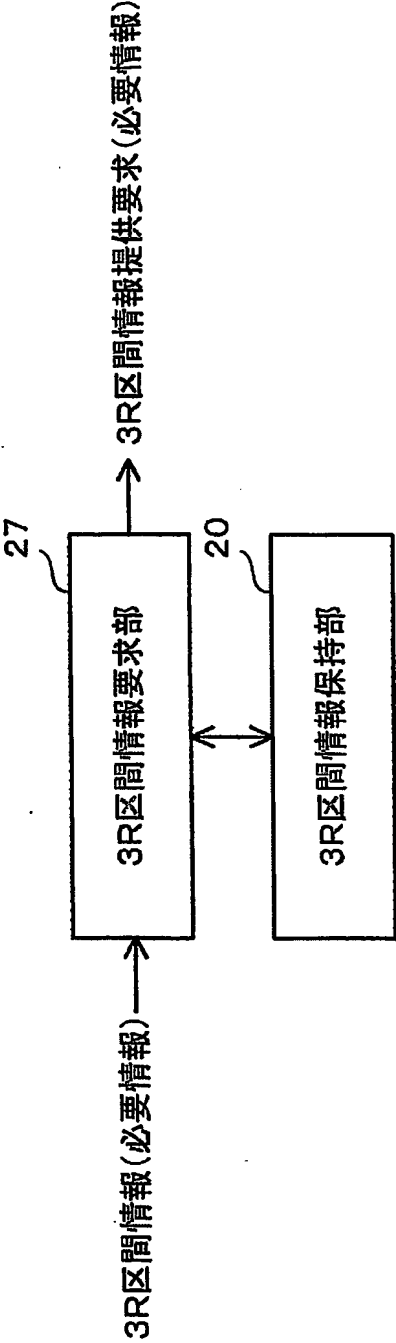


図 4 0

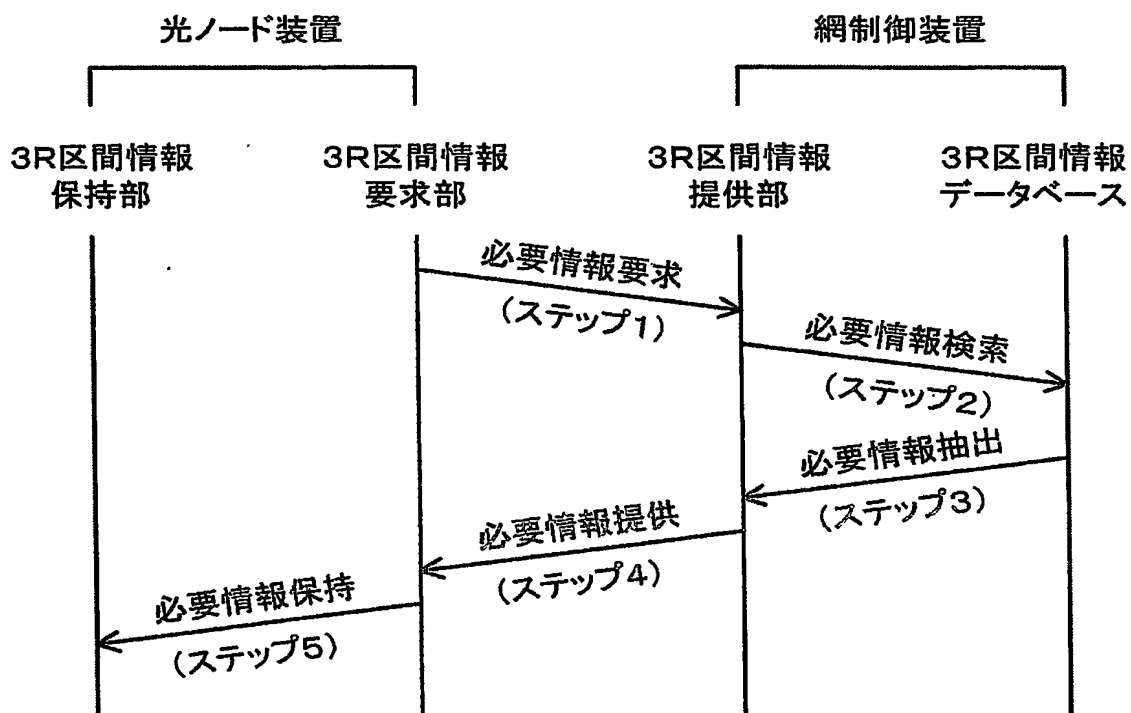


図 41

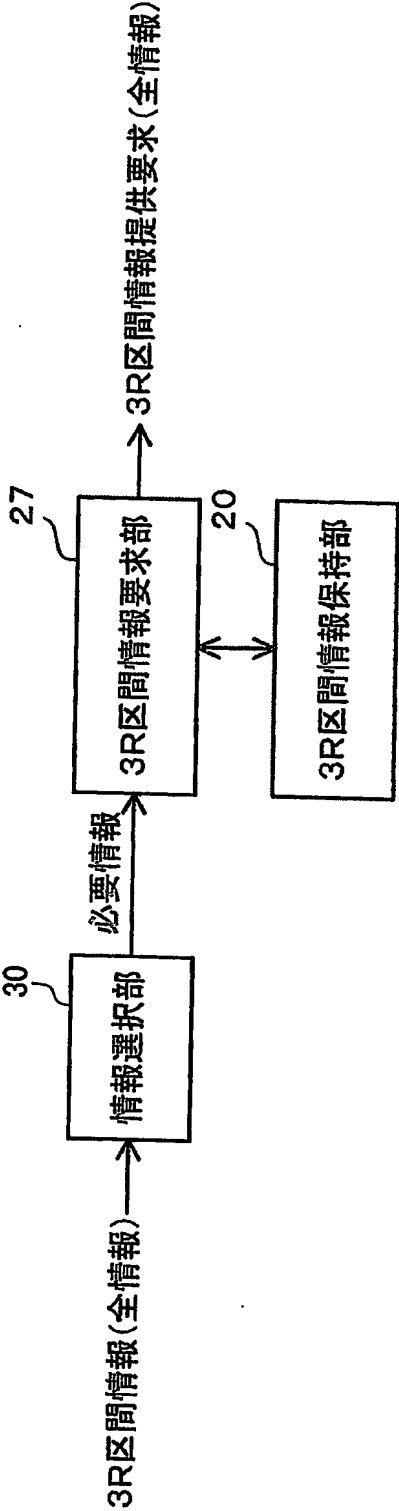


図 4 2

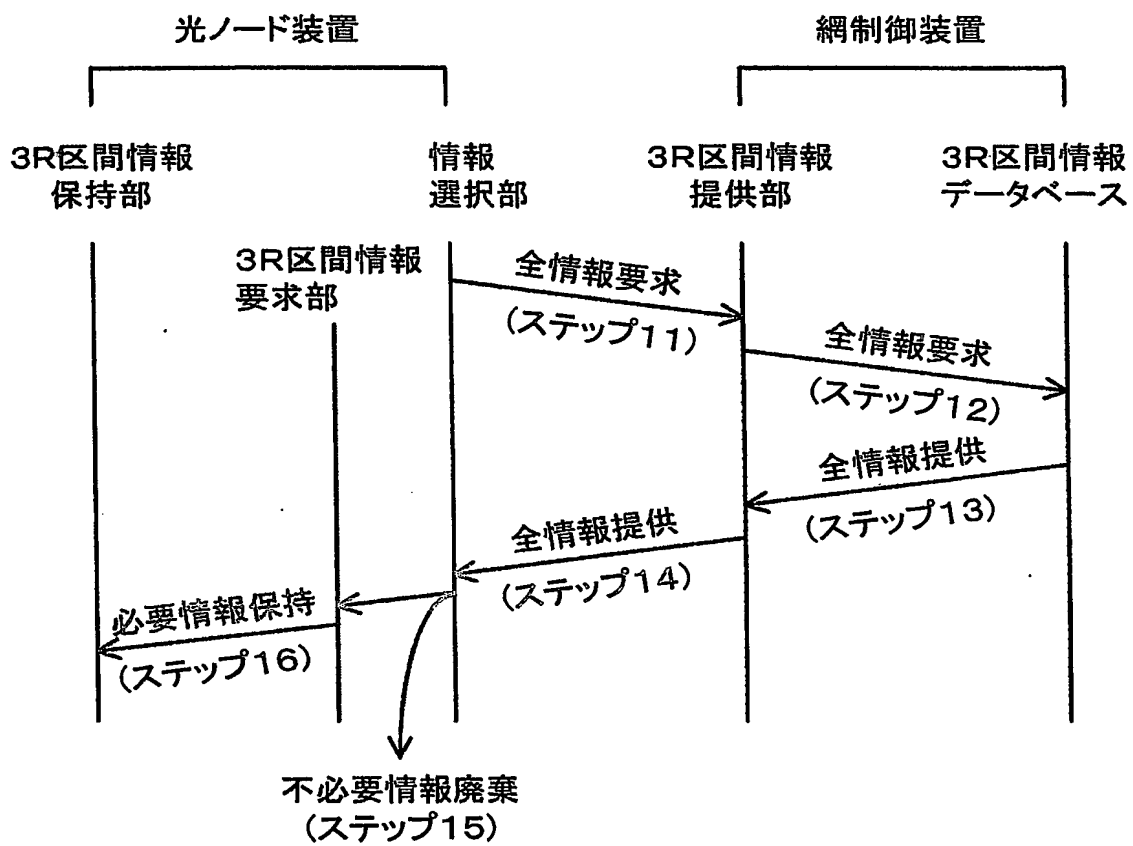


図 4 3

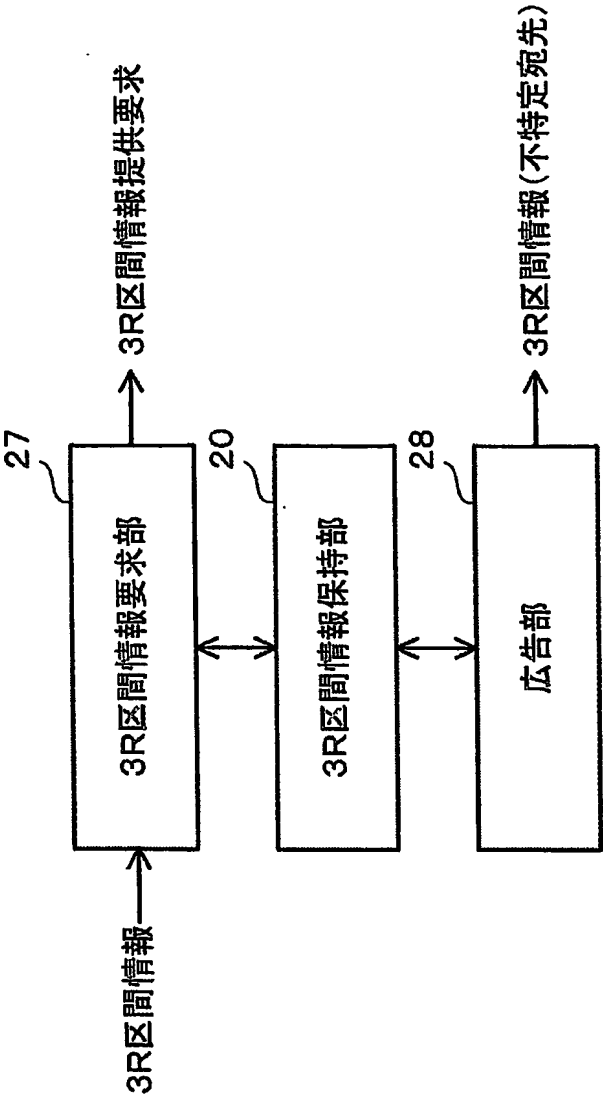
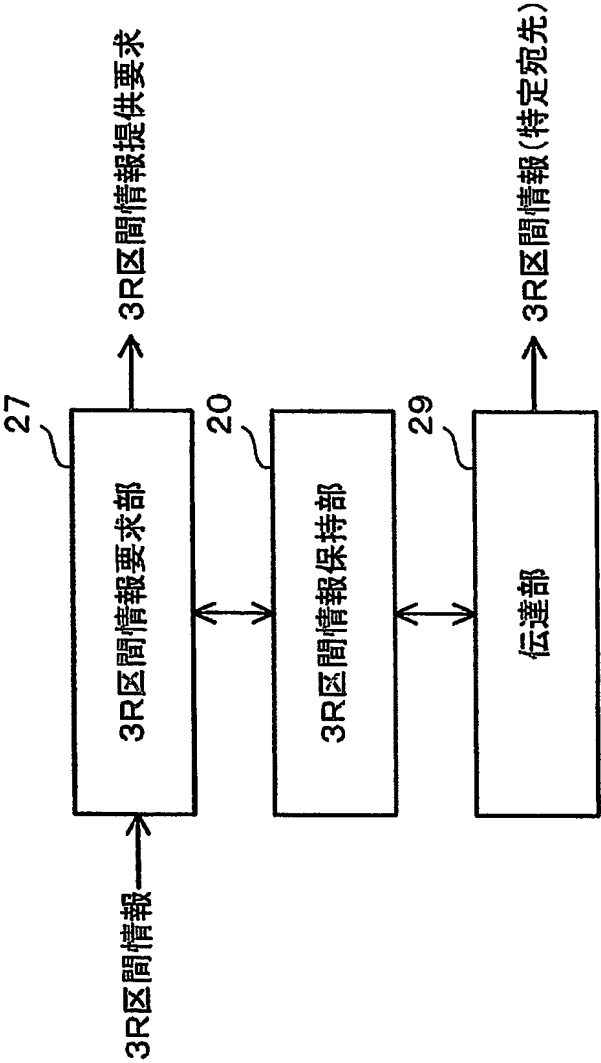


図 4 4





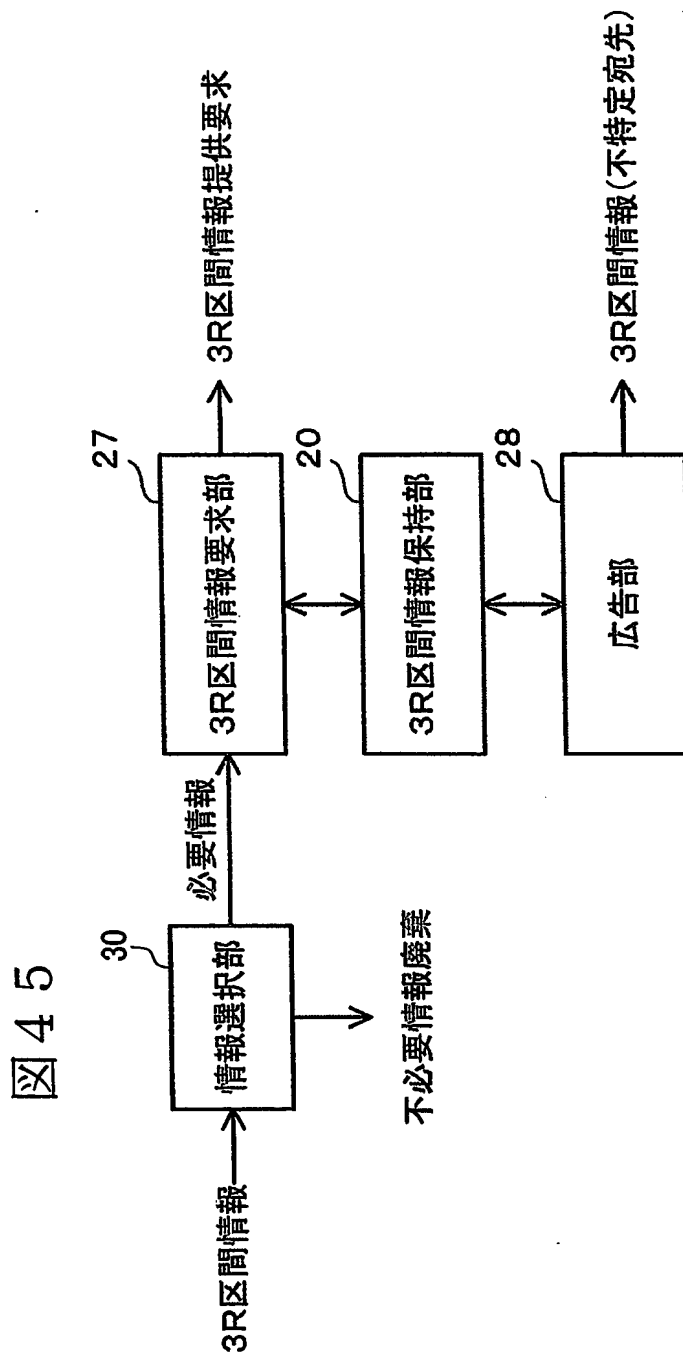


図 46

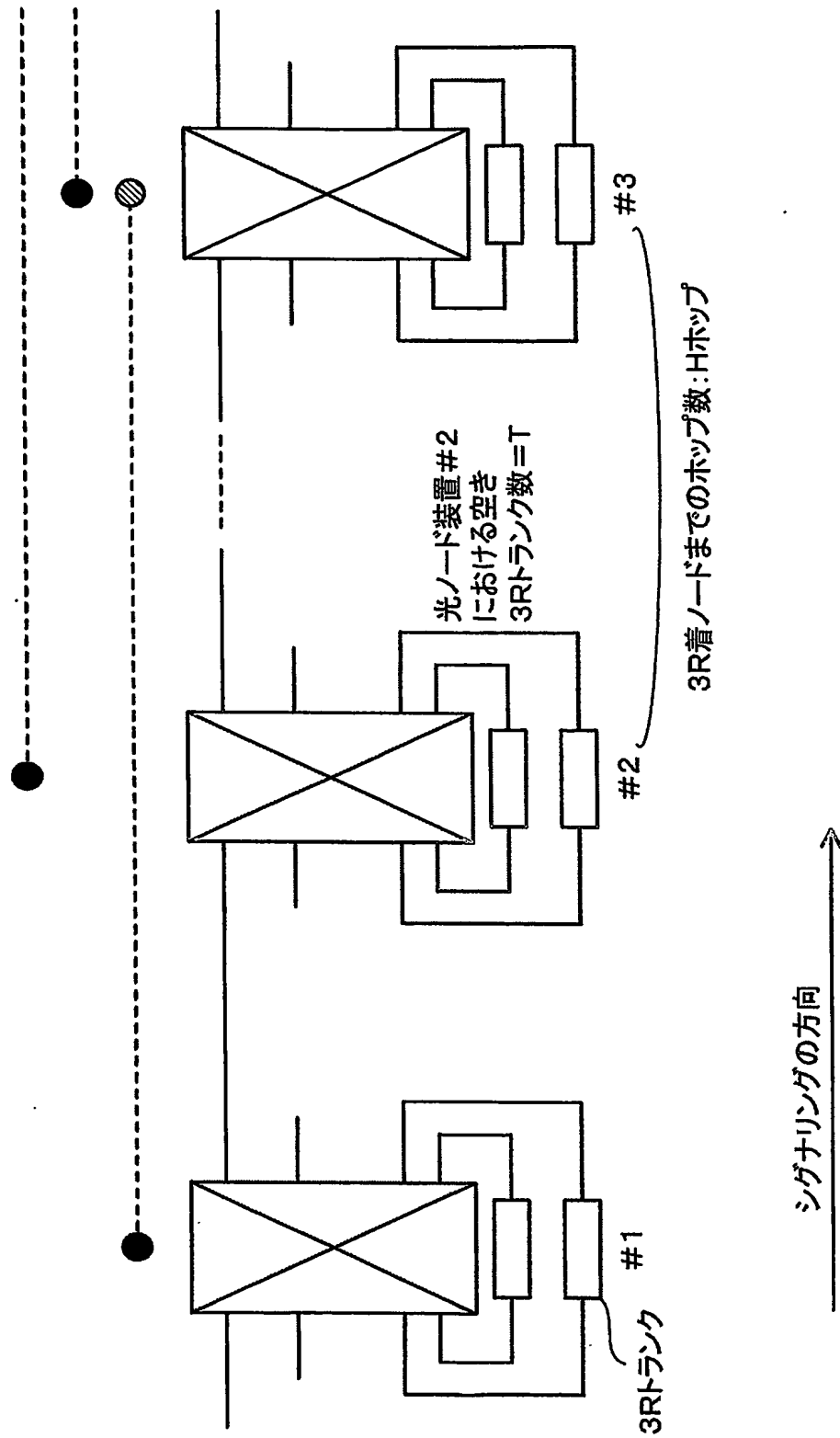


図 47

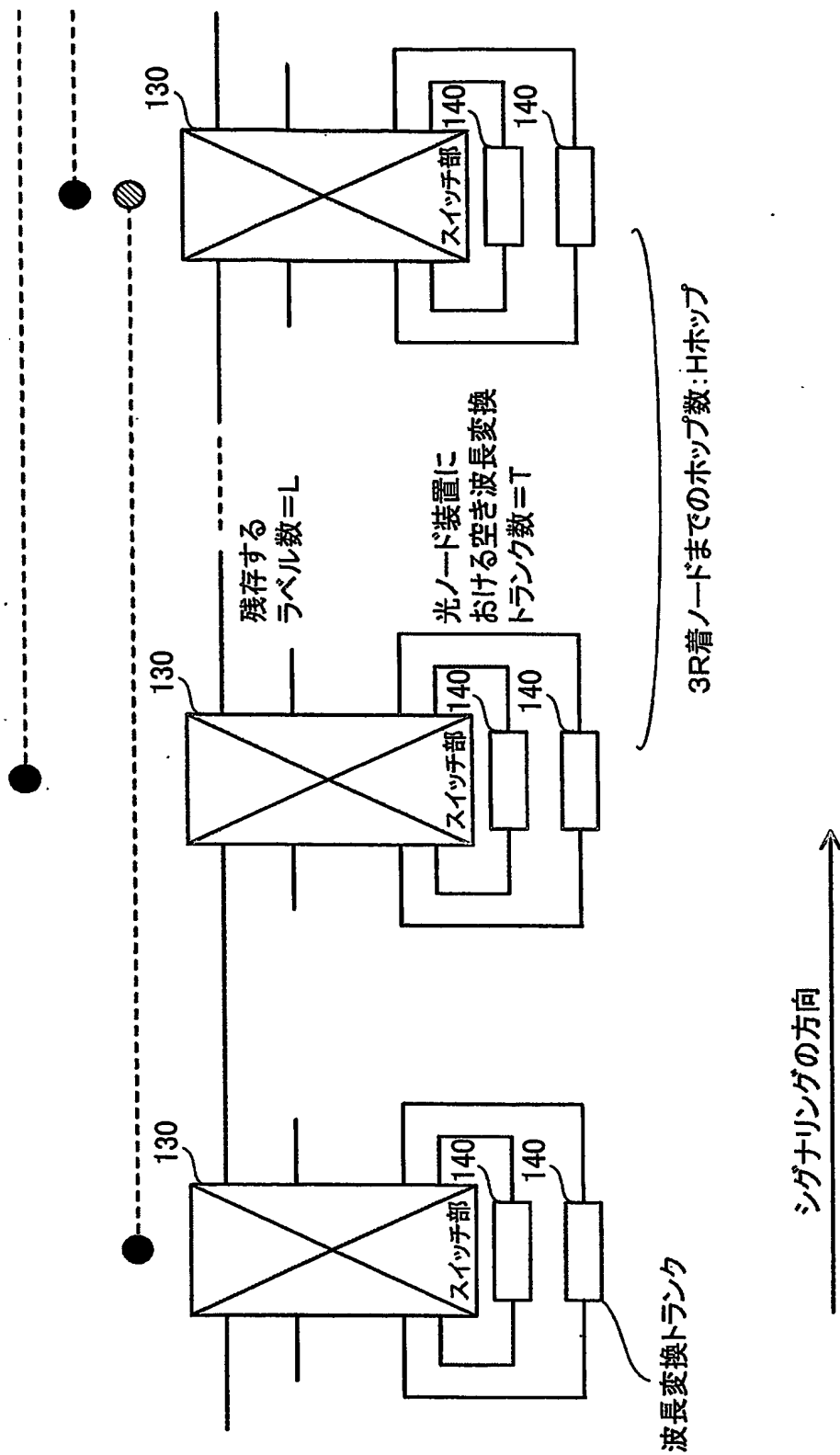


図 48

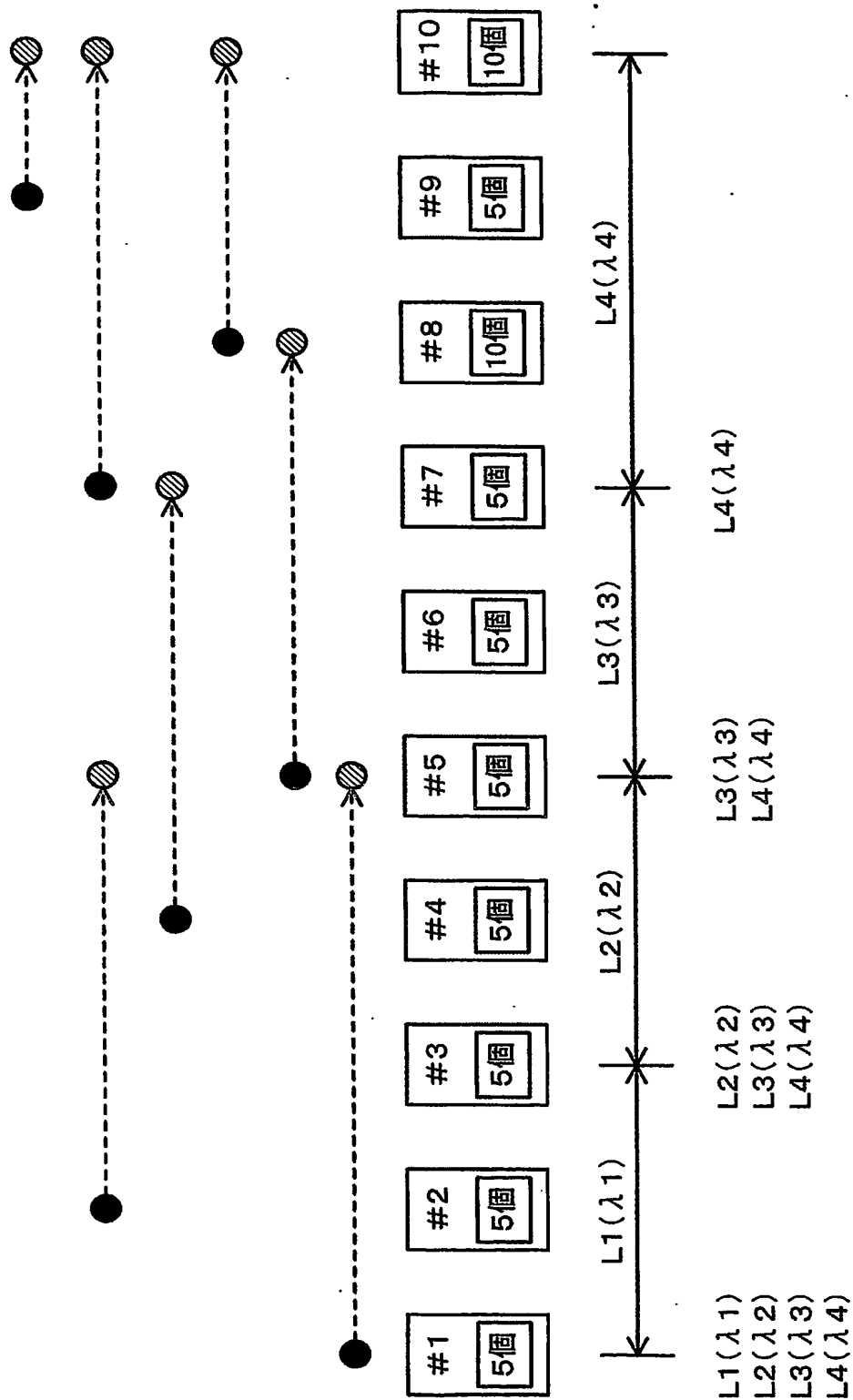


図 49

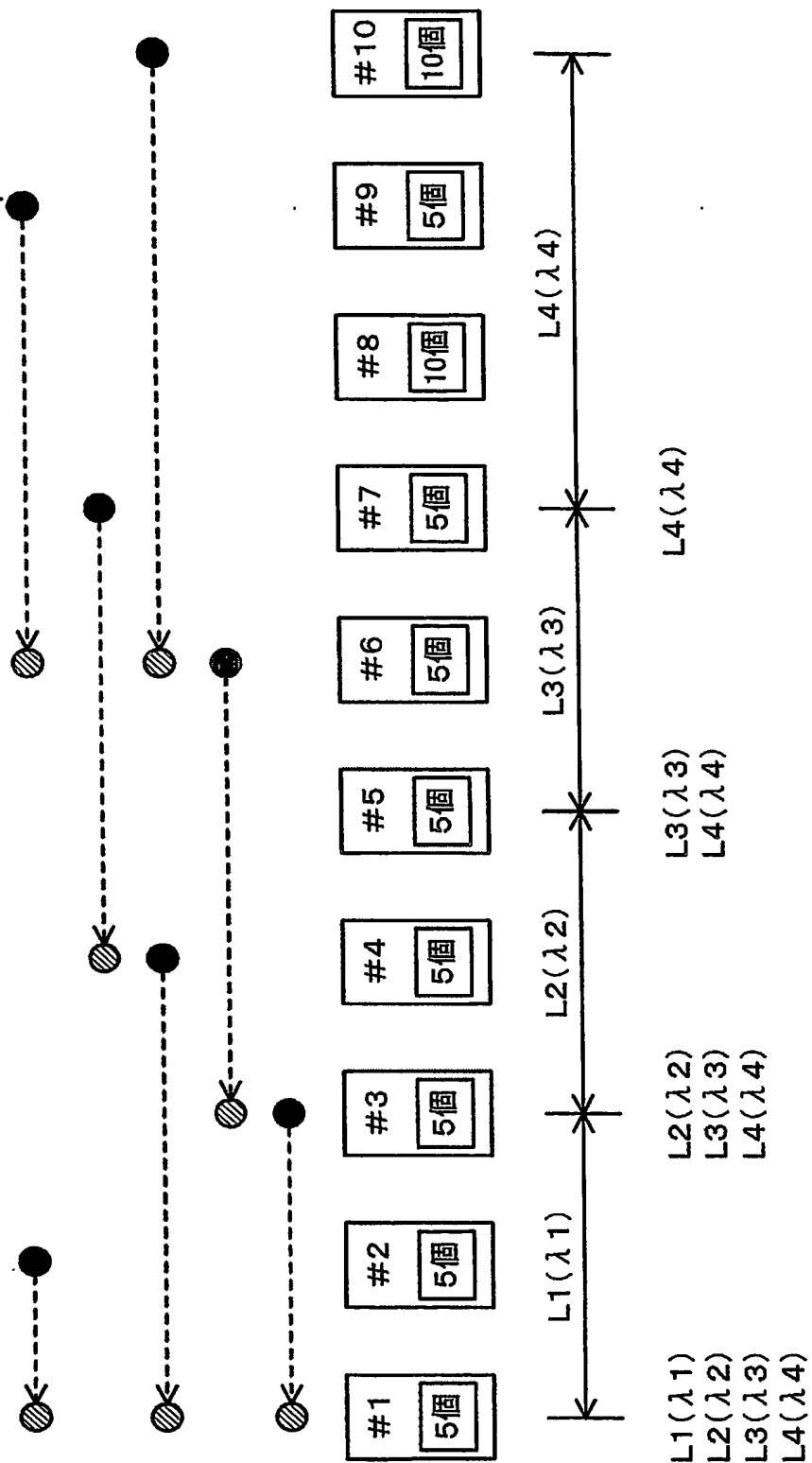


図50

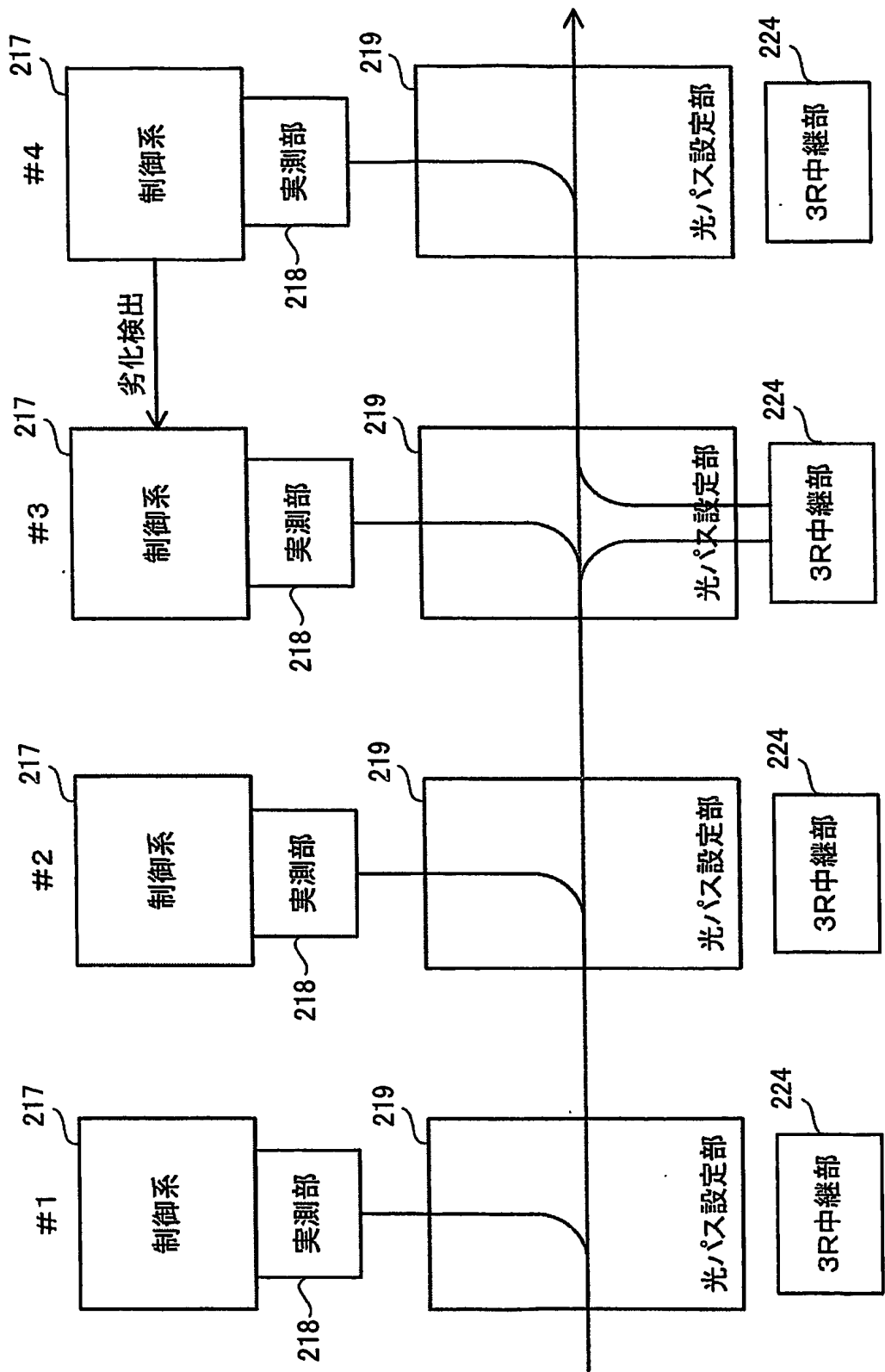


図 5 1

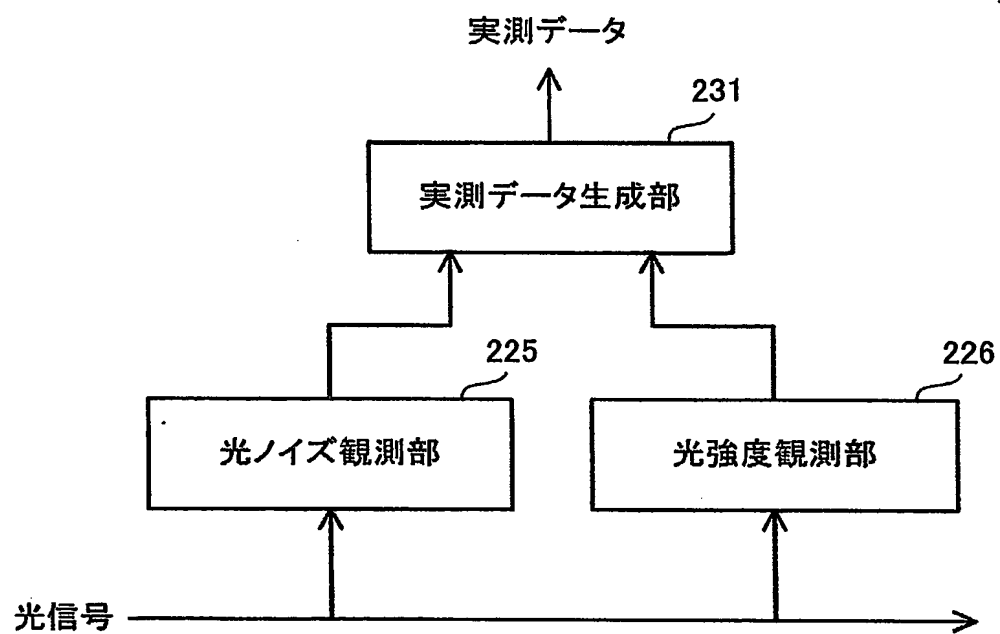


図 5 2

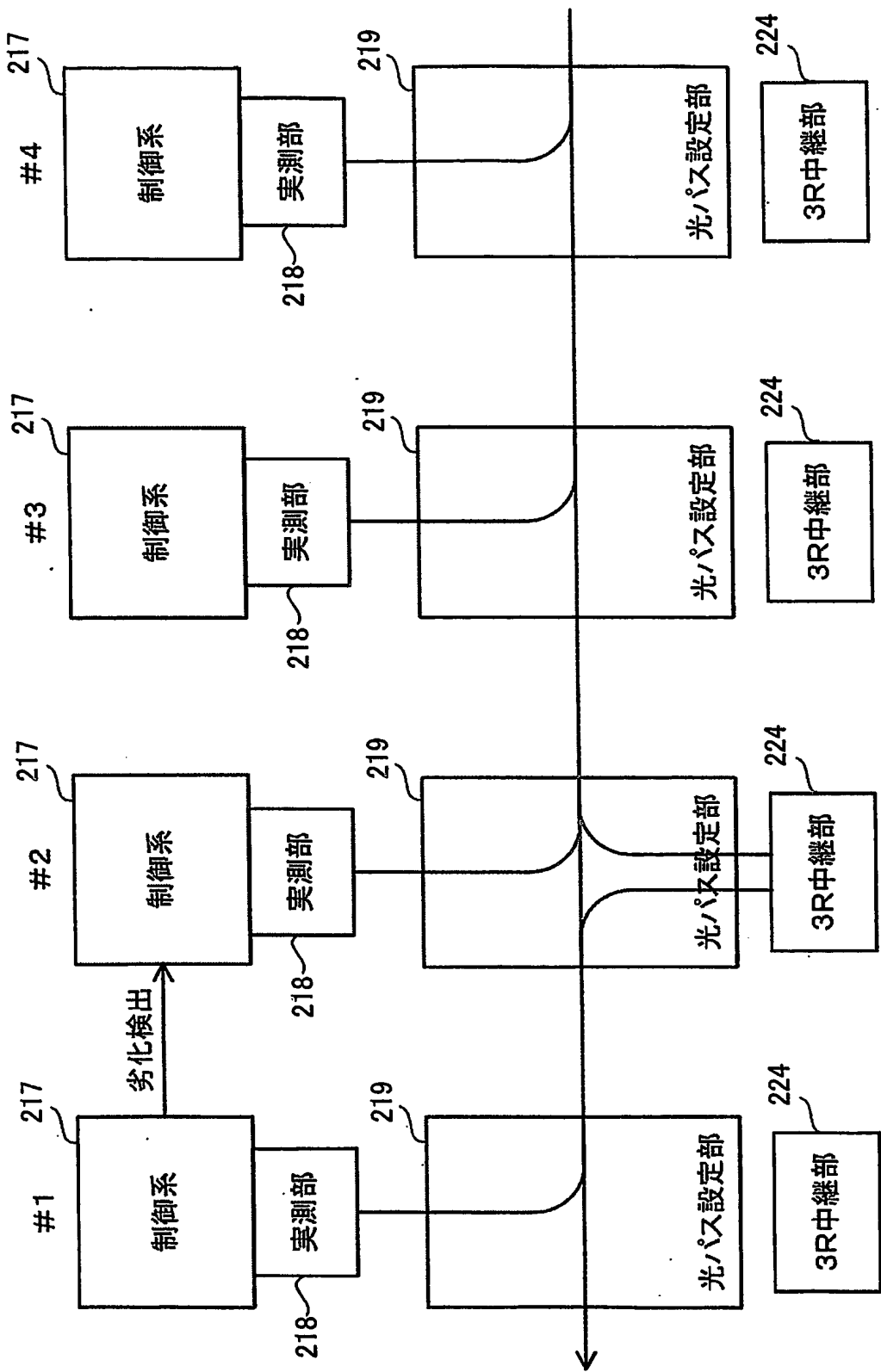




図 5 3

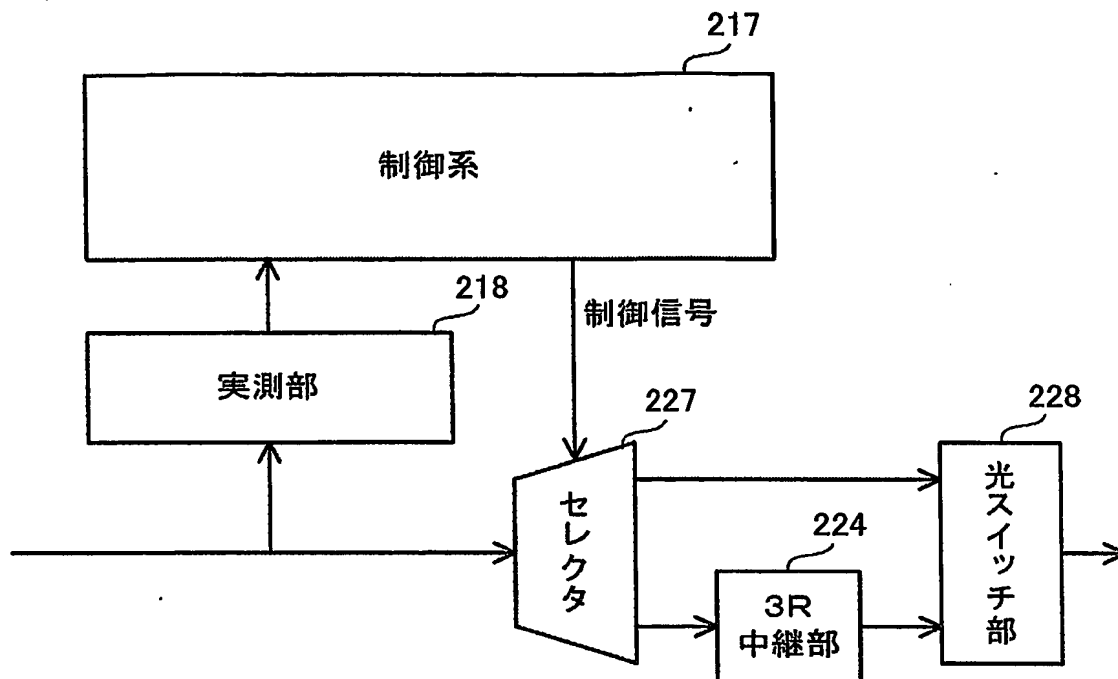


図 5 4

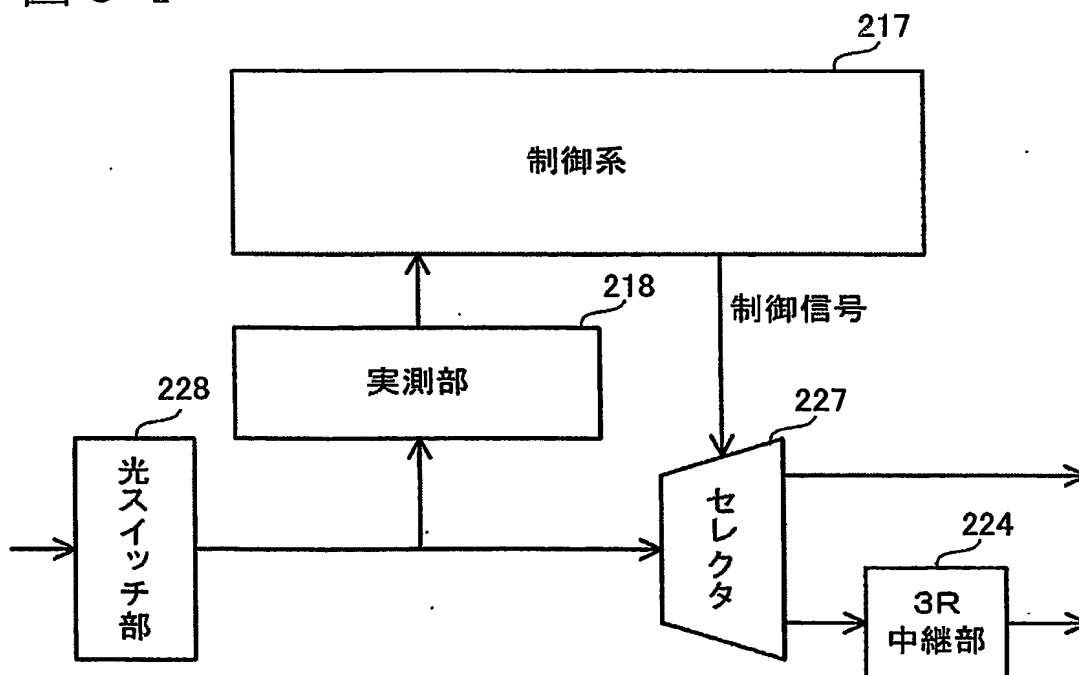


図 5 5

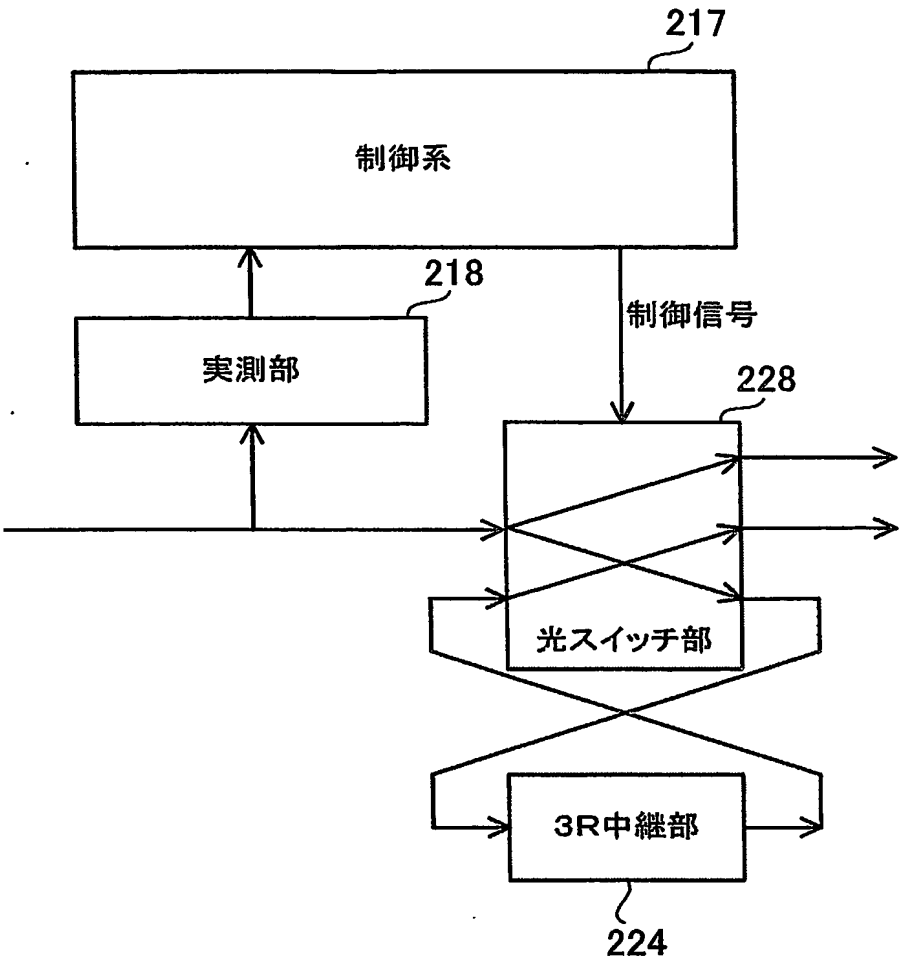
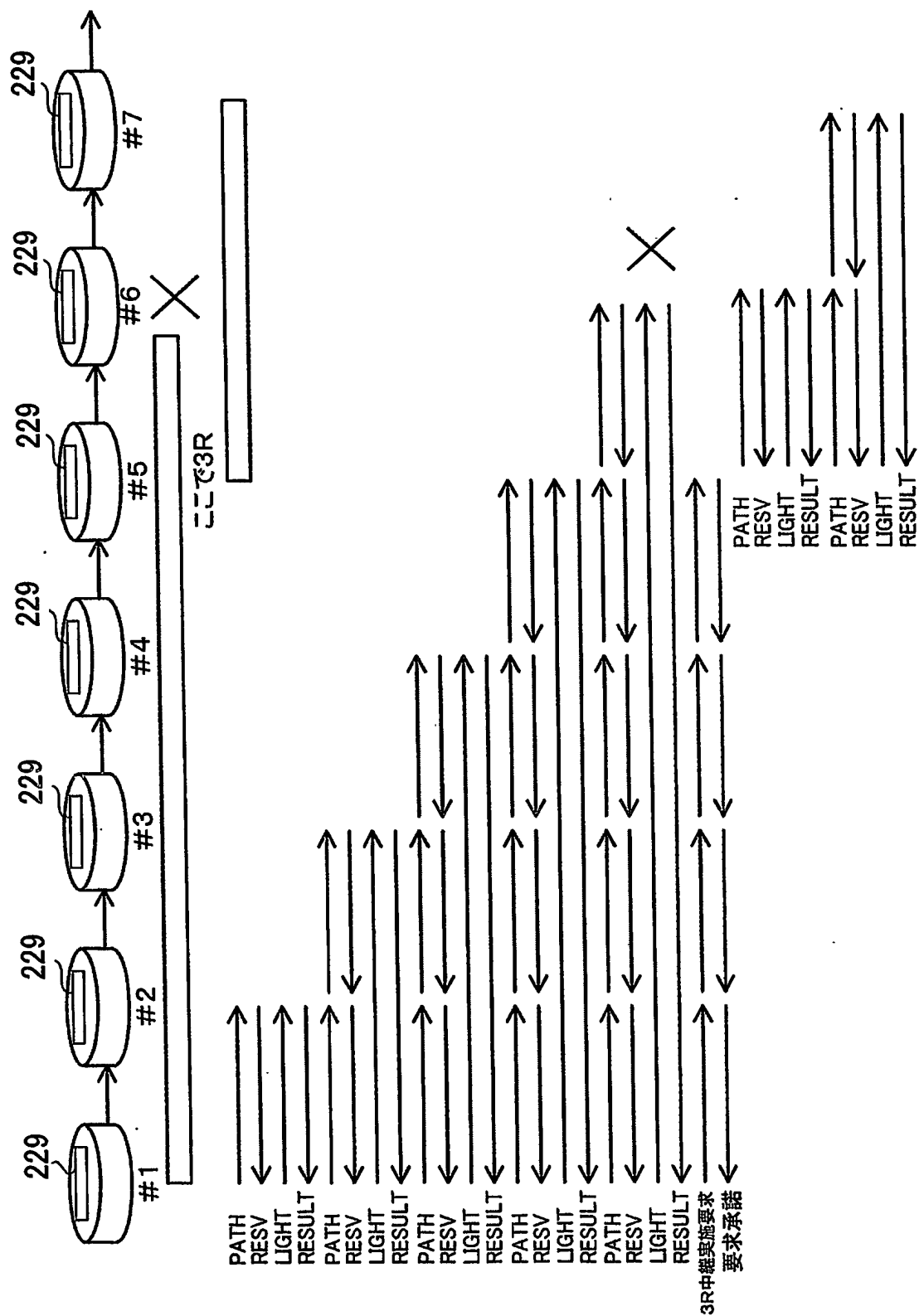
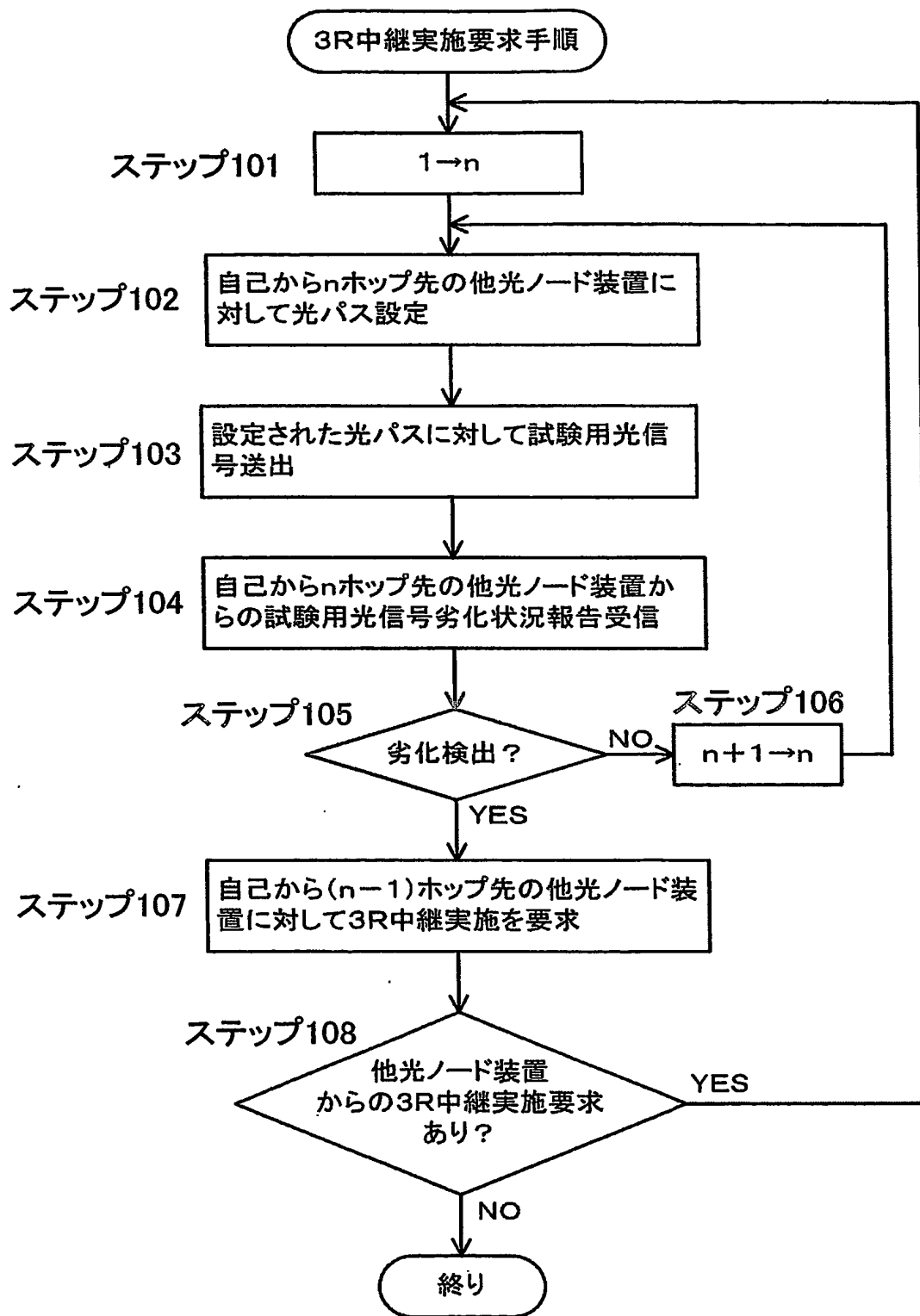


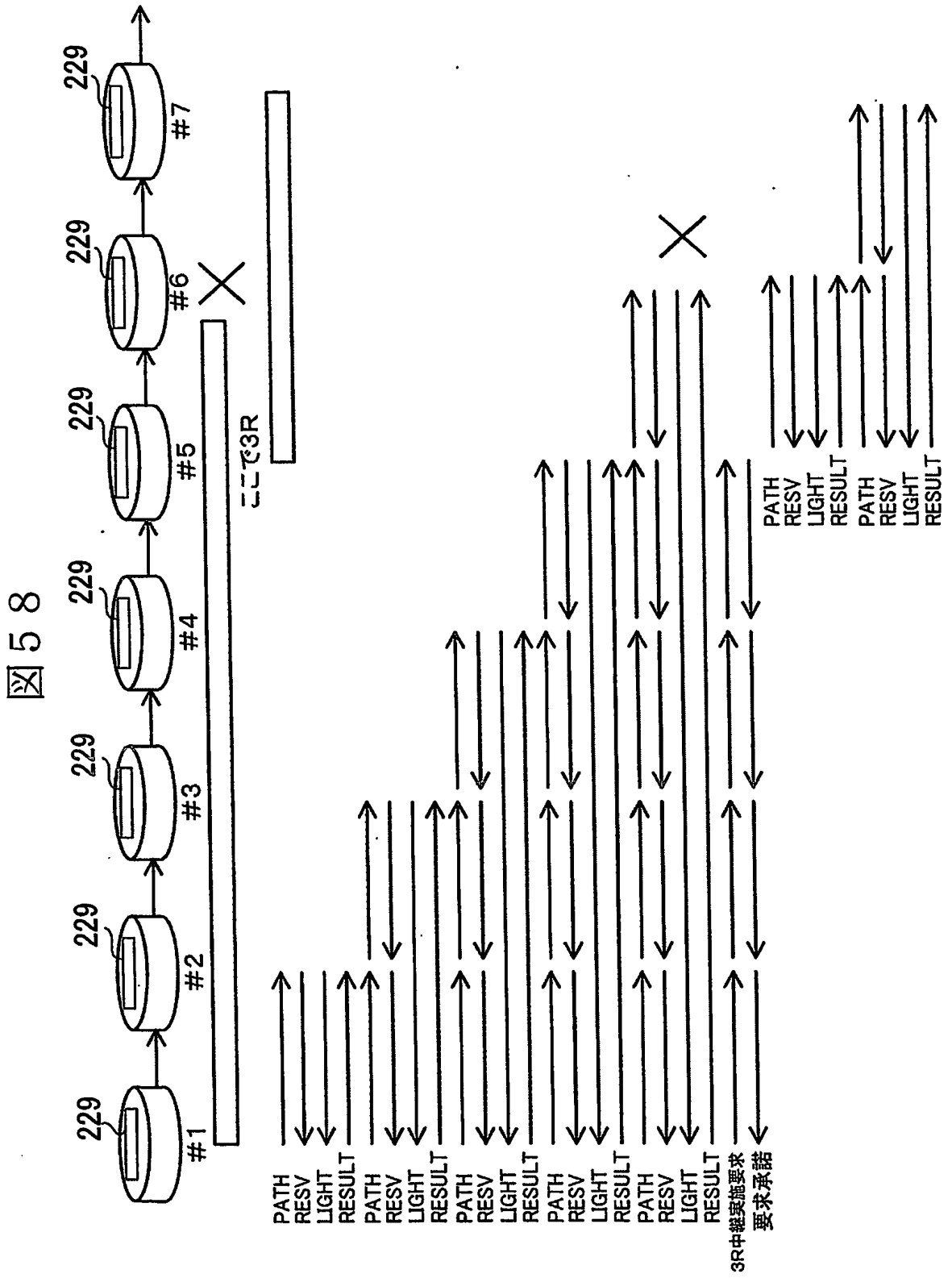
図 56



37/66

図 5 7





39/66

図 5 9

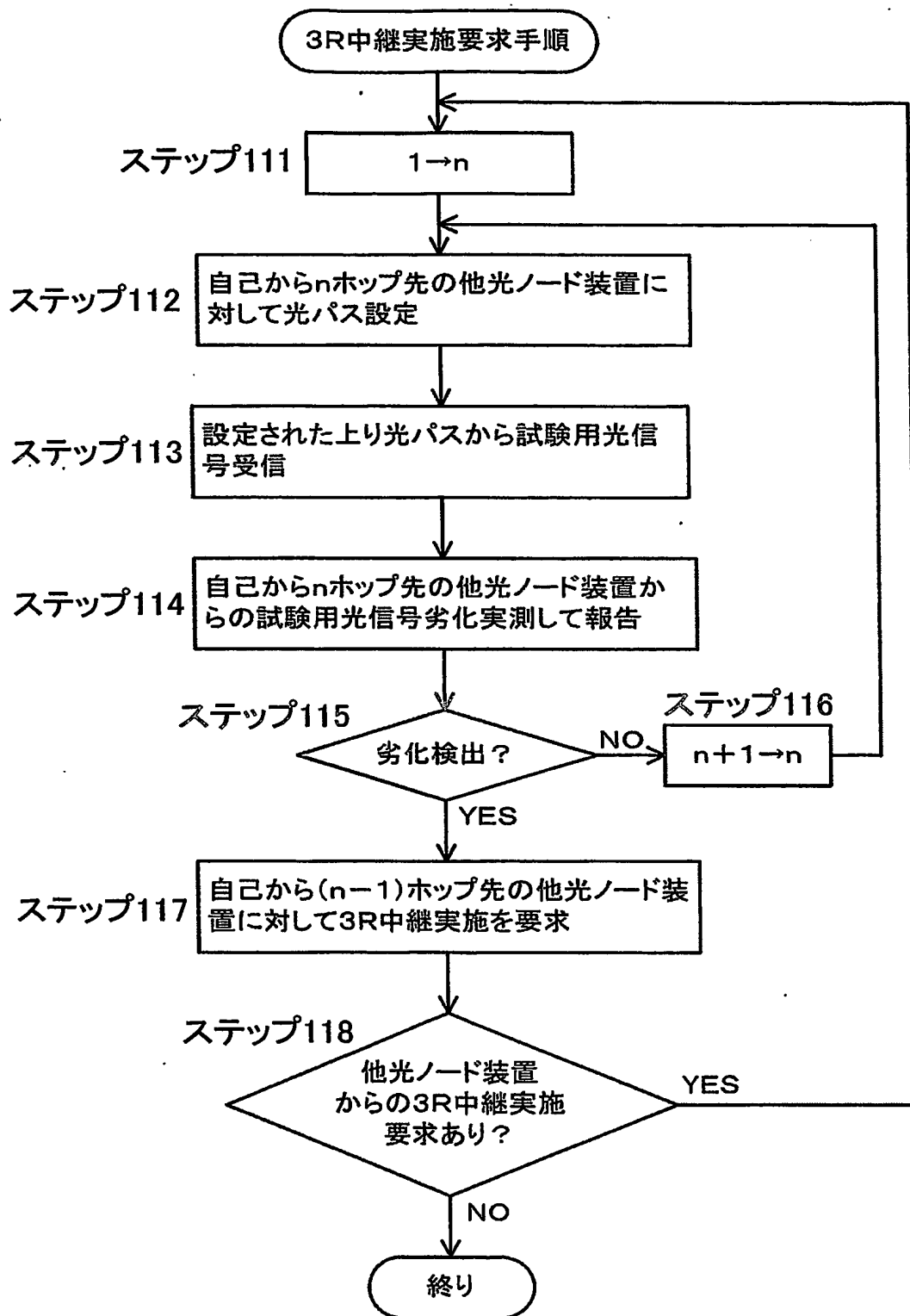


図 60

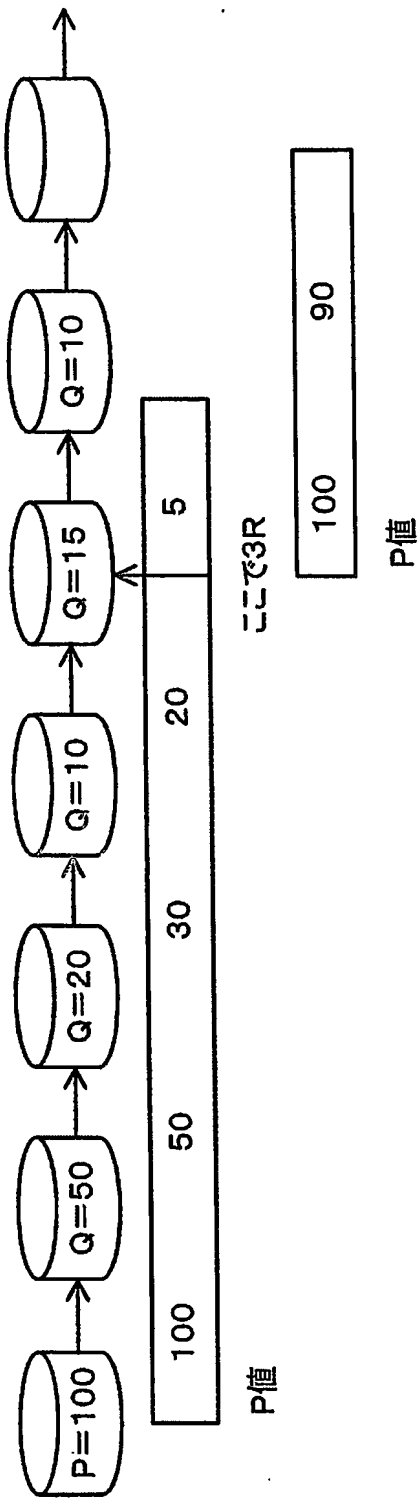
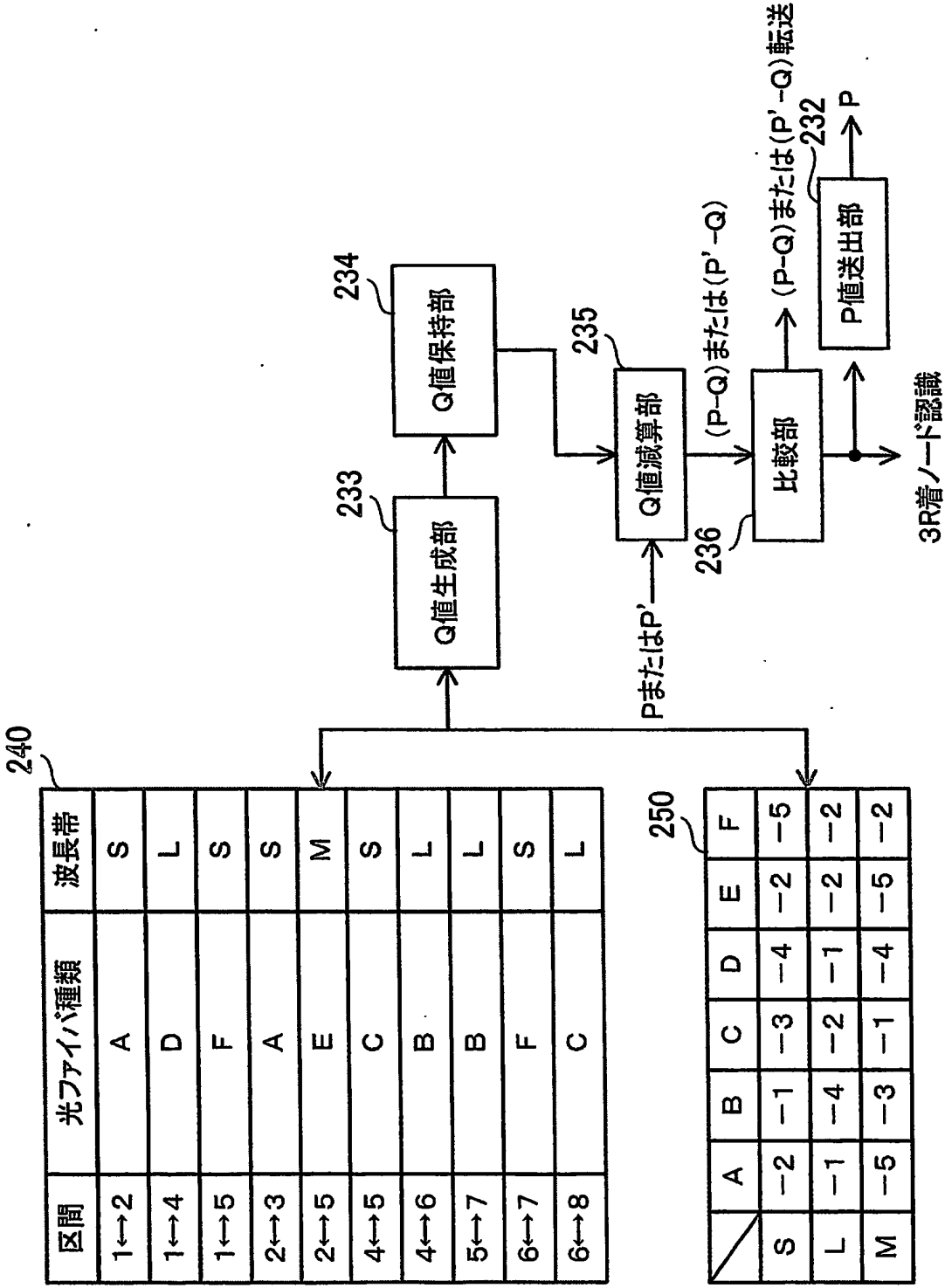


図 6 1





42/66

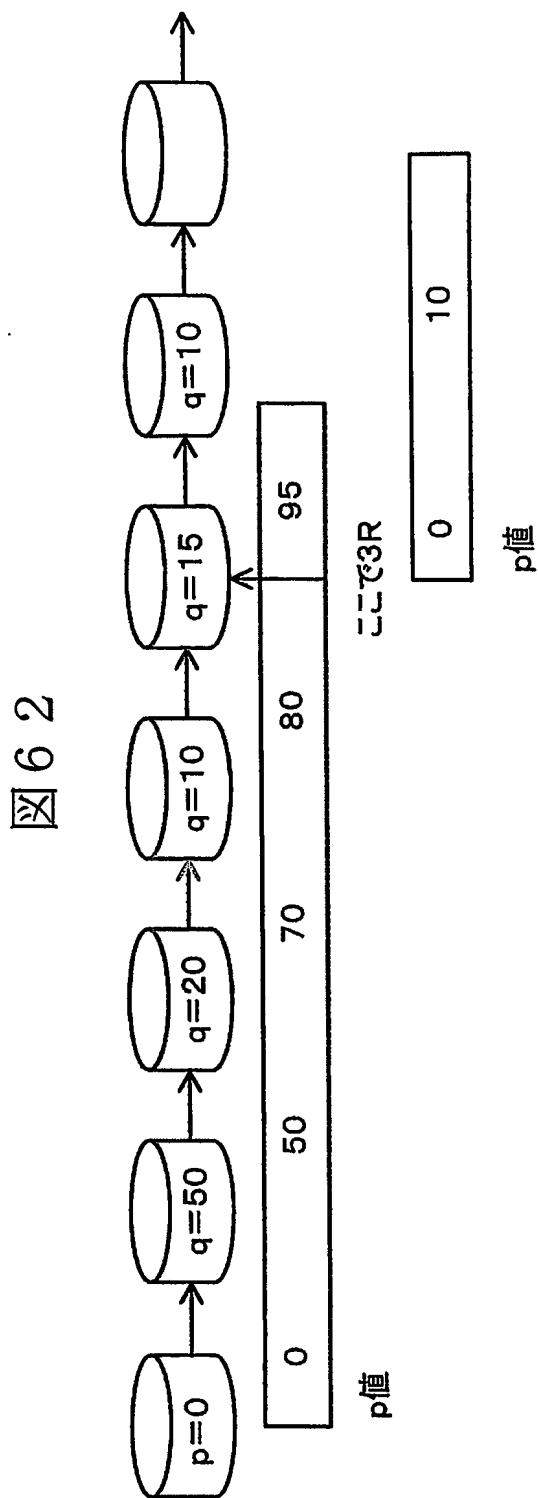
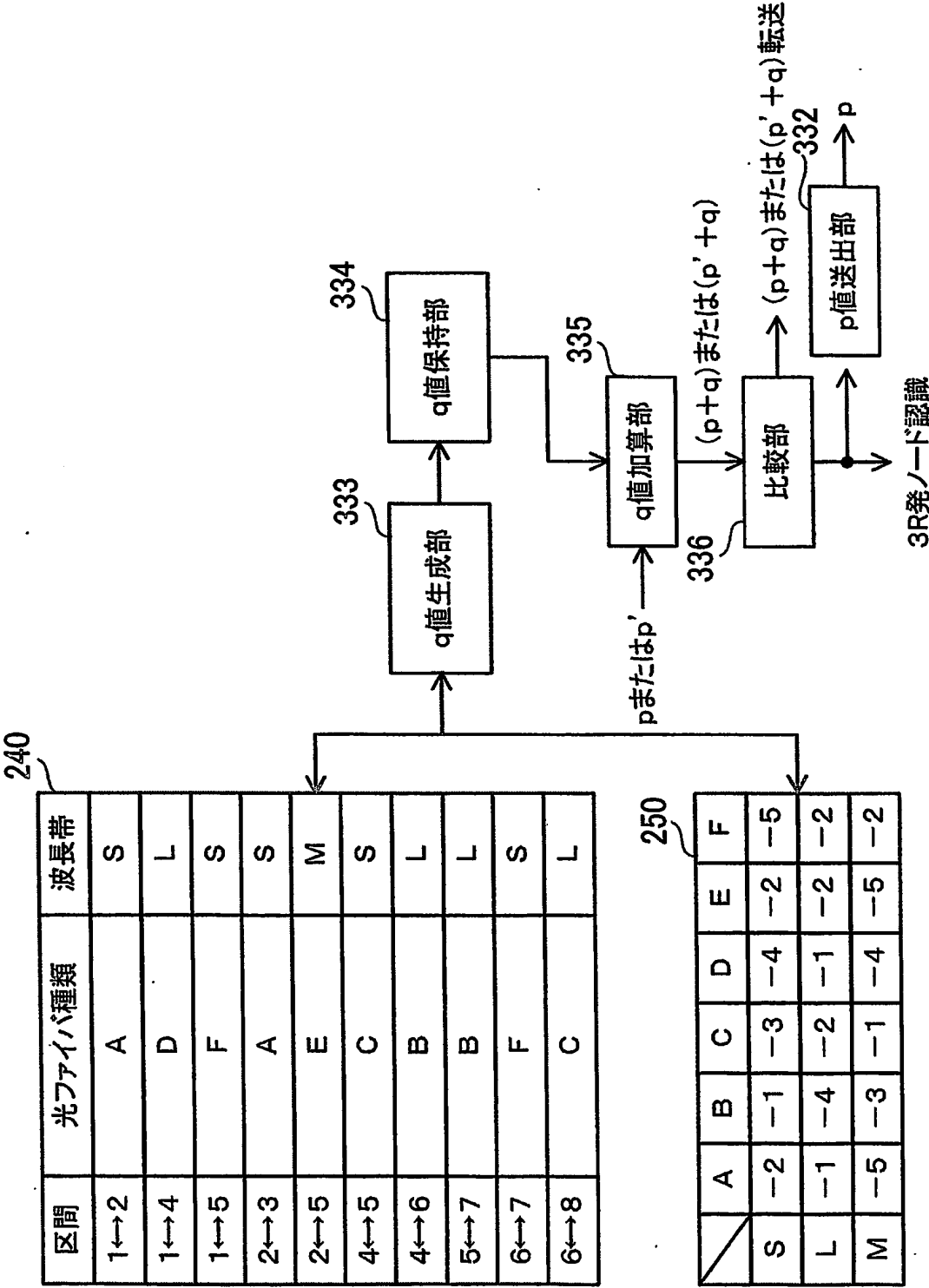
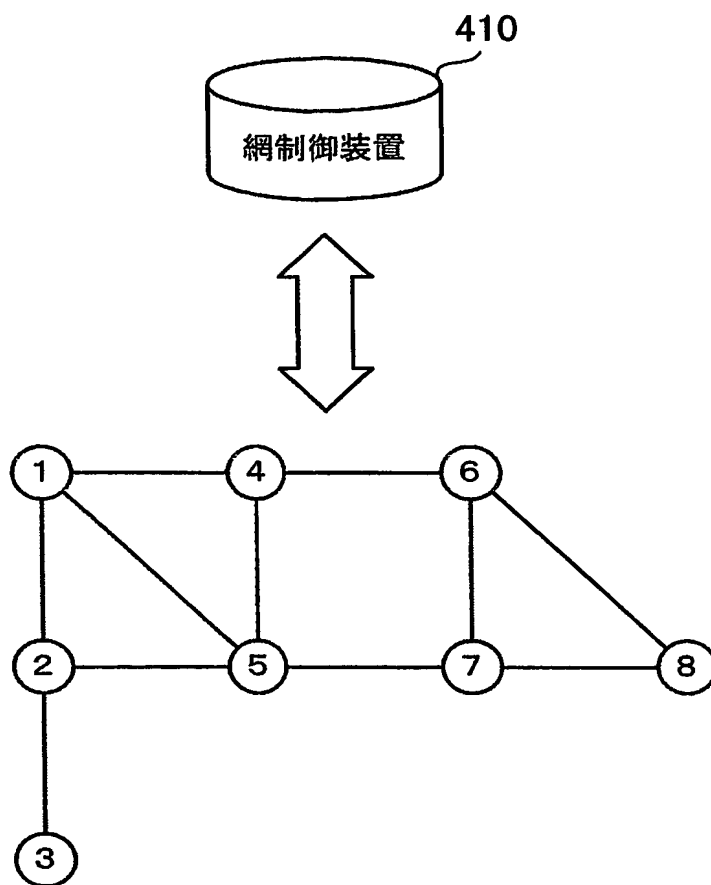


図 6 3



44/66

図 6 4



45/66

図 6 5

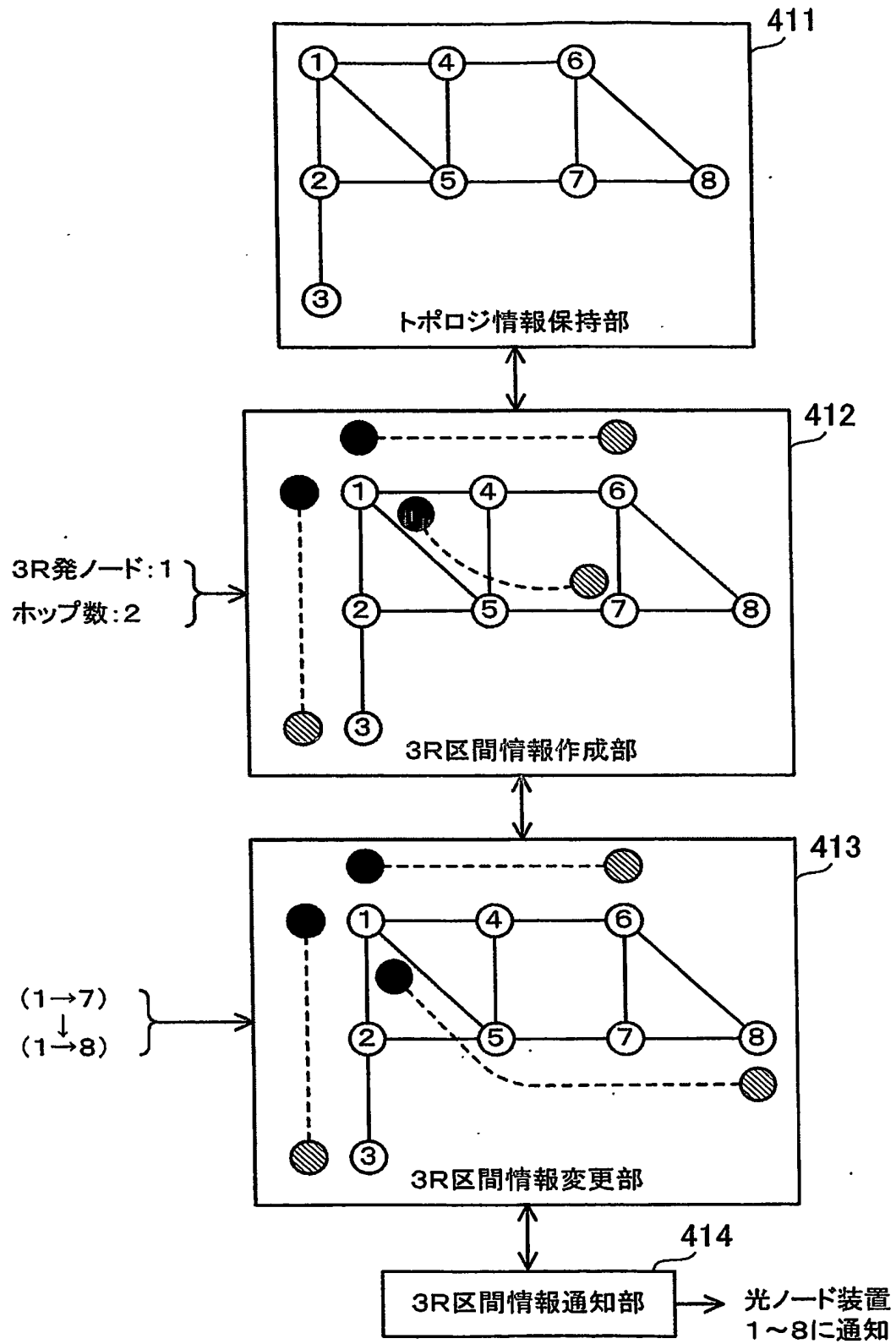
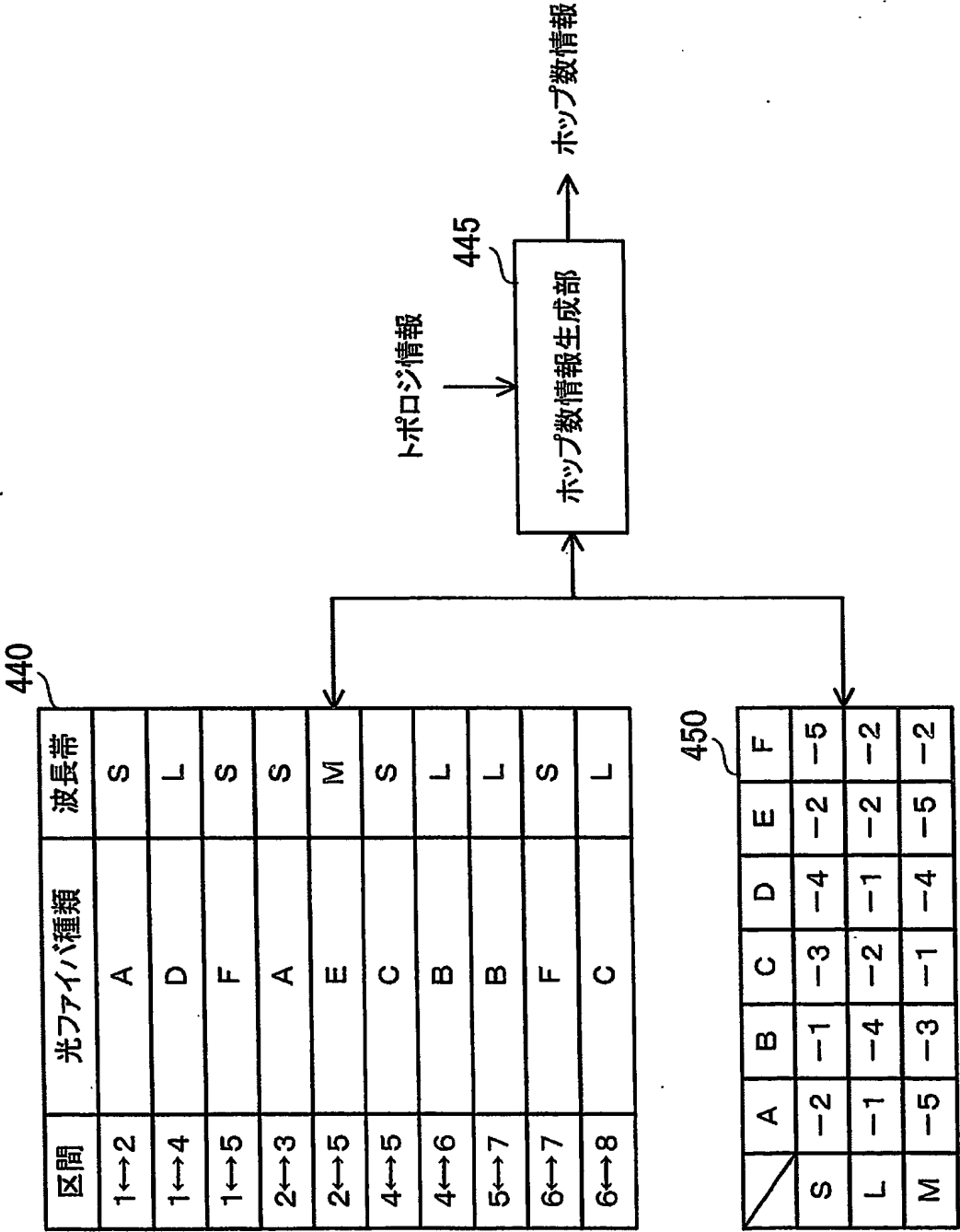
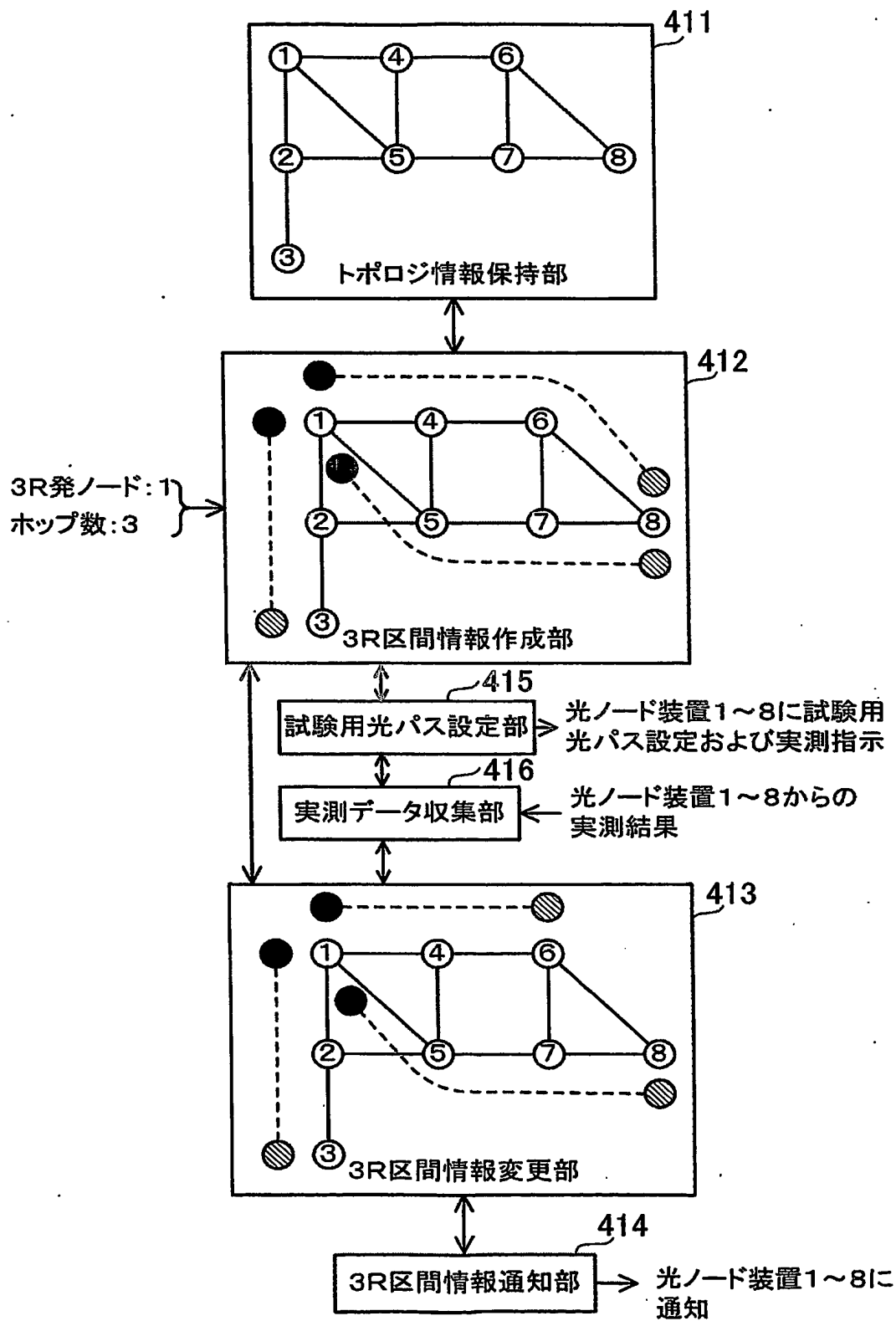


図 66



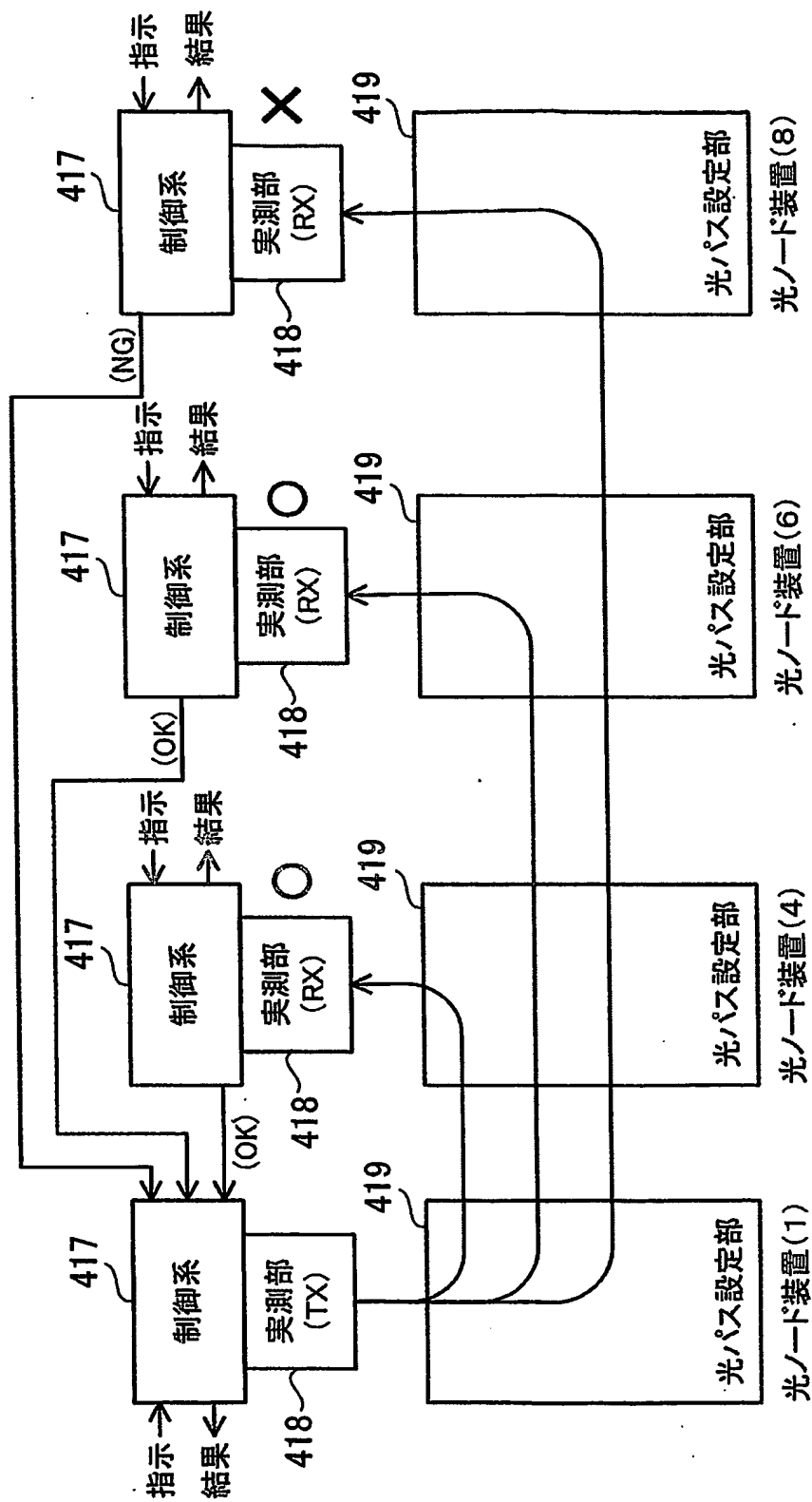
47/66

図 6 7



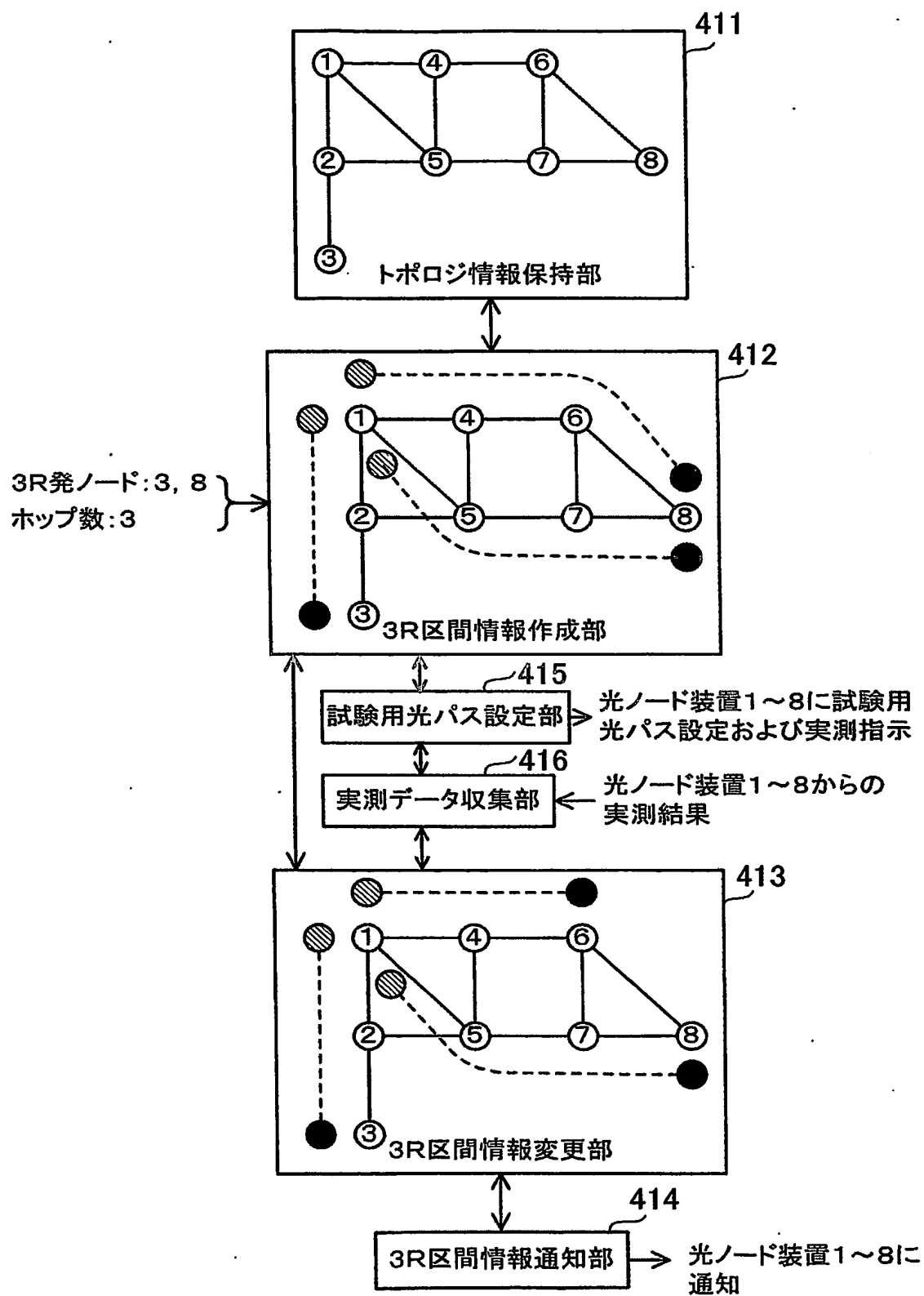
48/66

図 68



49/66

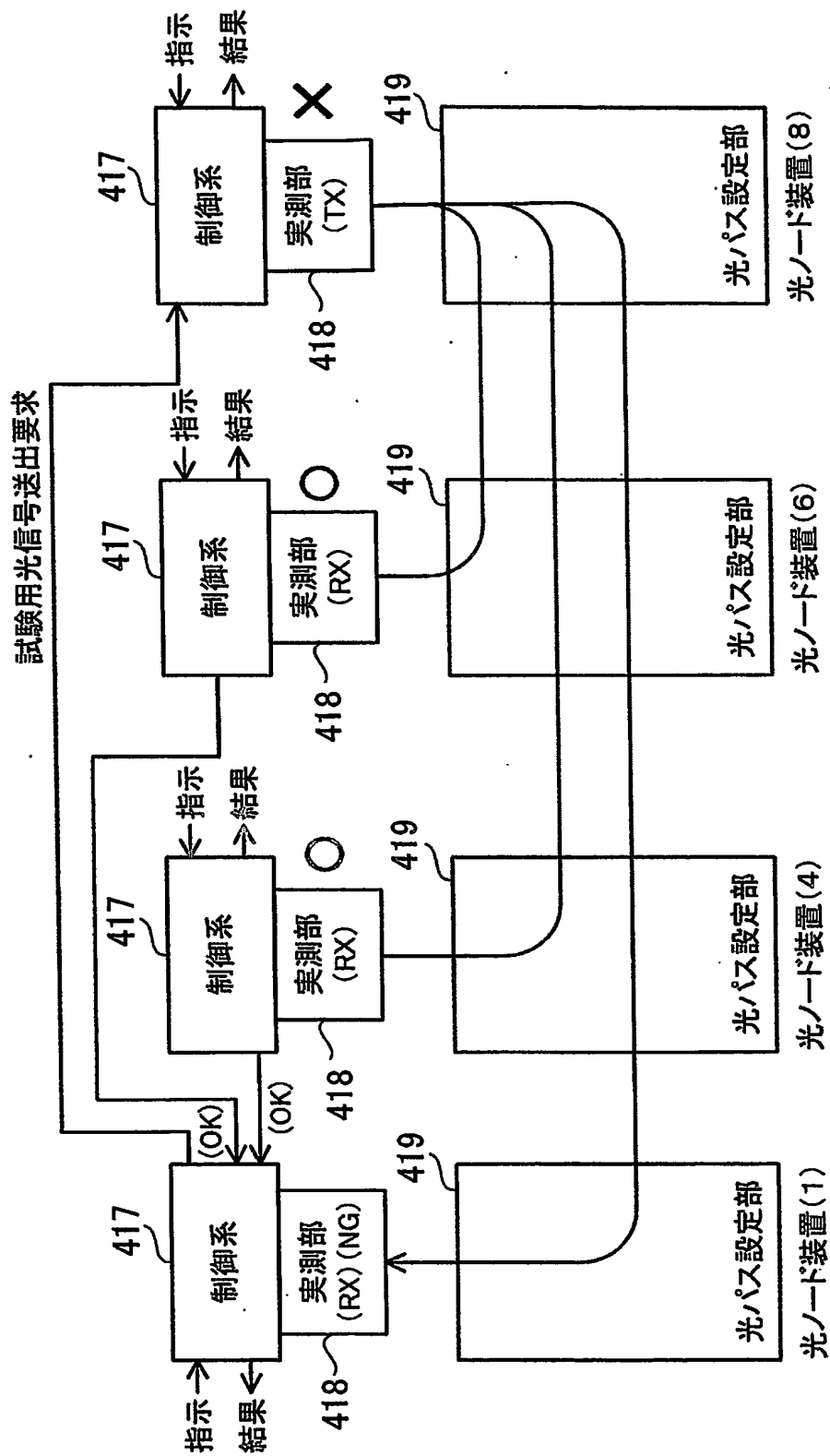
図 6 9





50/66

図 70



51/66

図 7 1

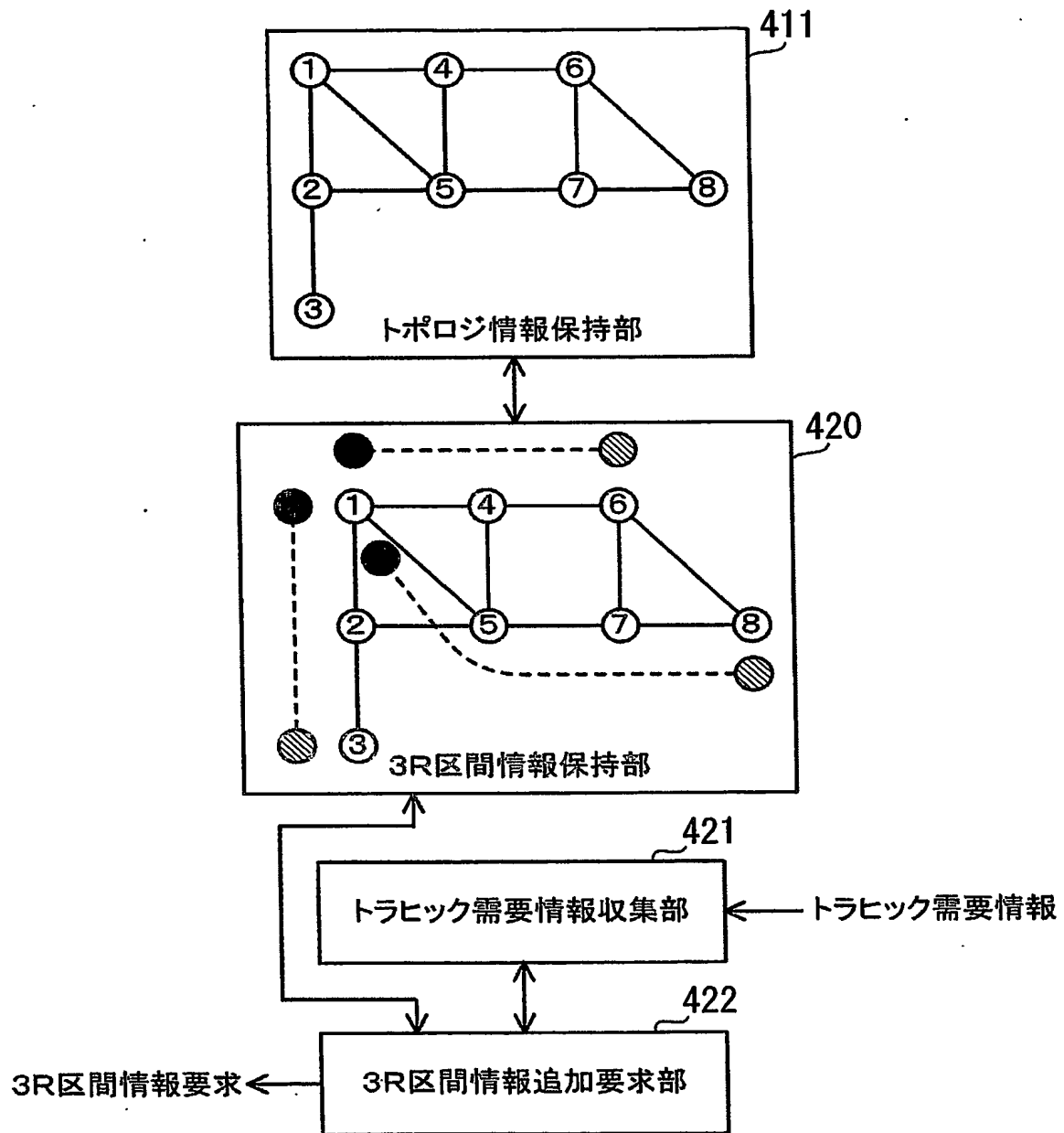
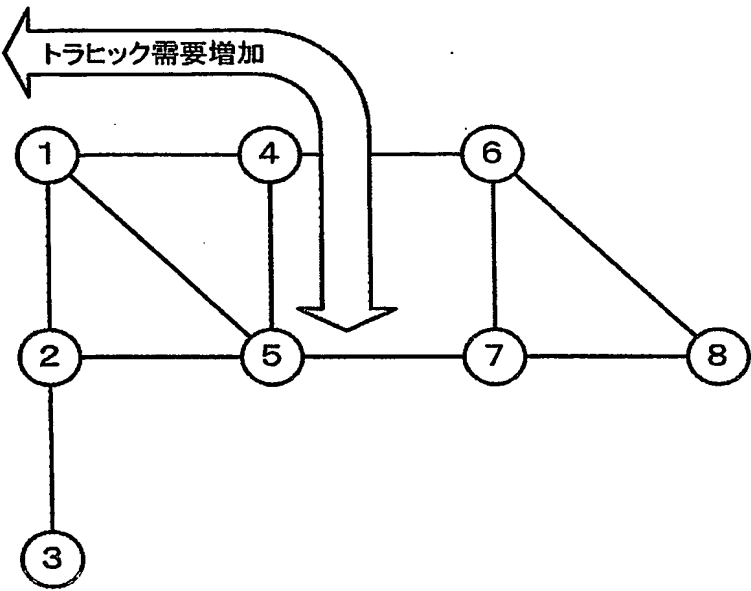
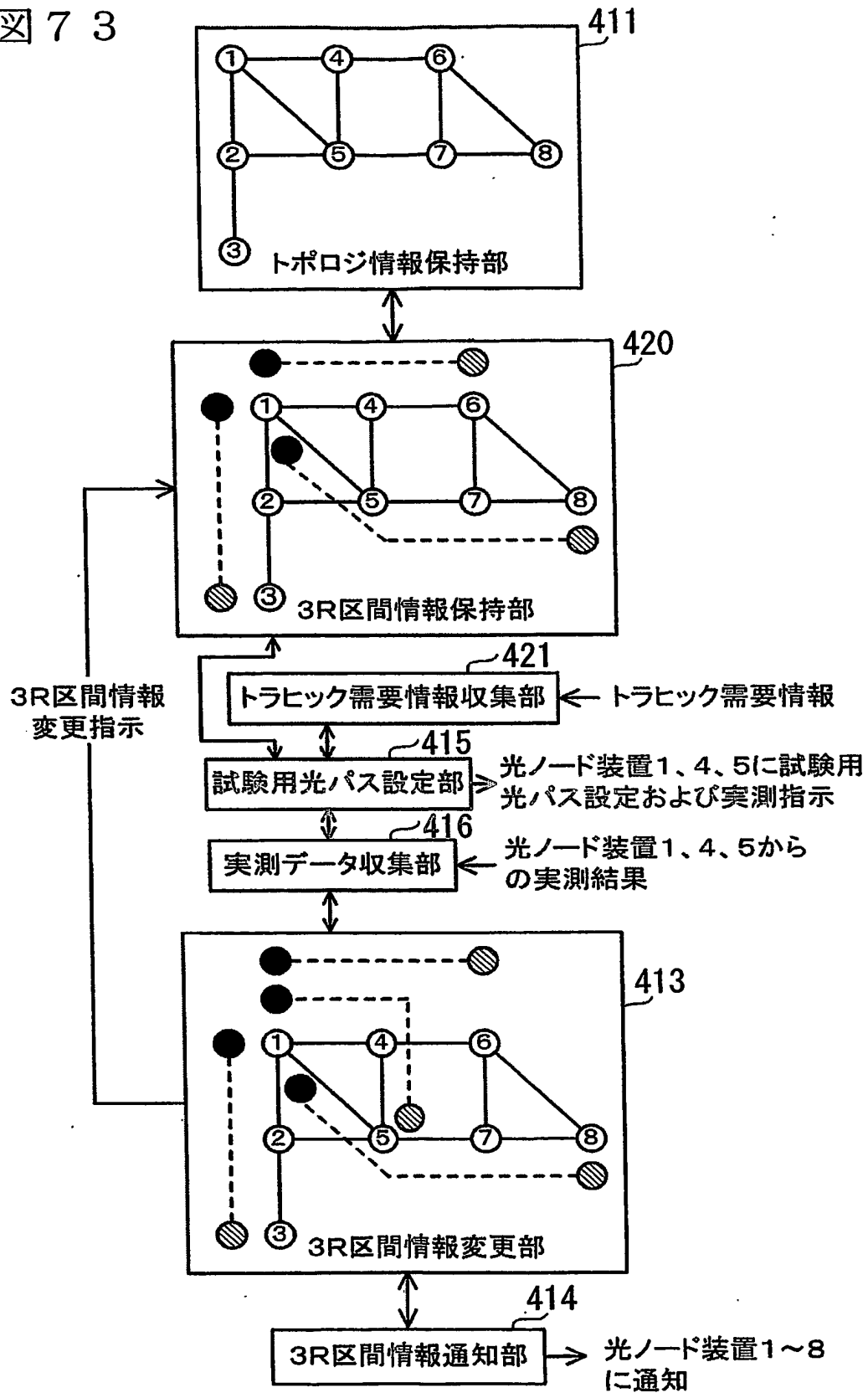


図 7 2



53/66

図 7 3



54/66

図 7 4

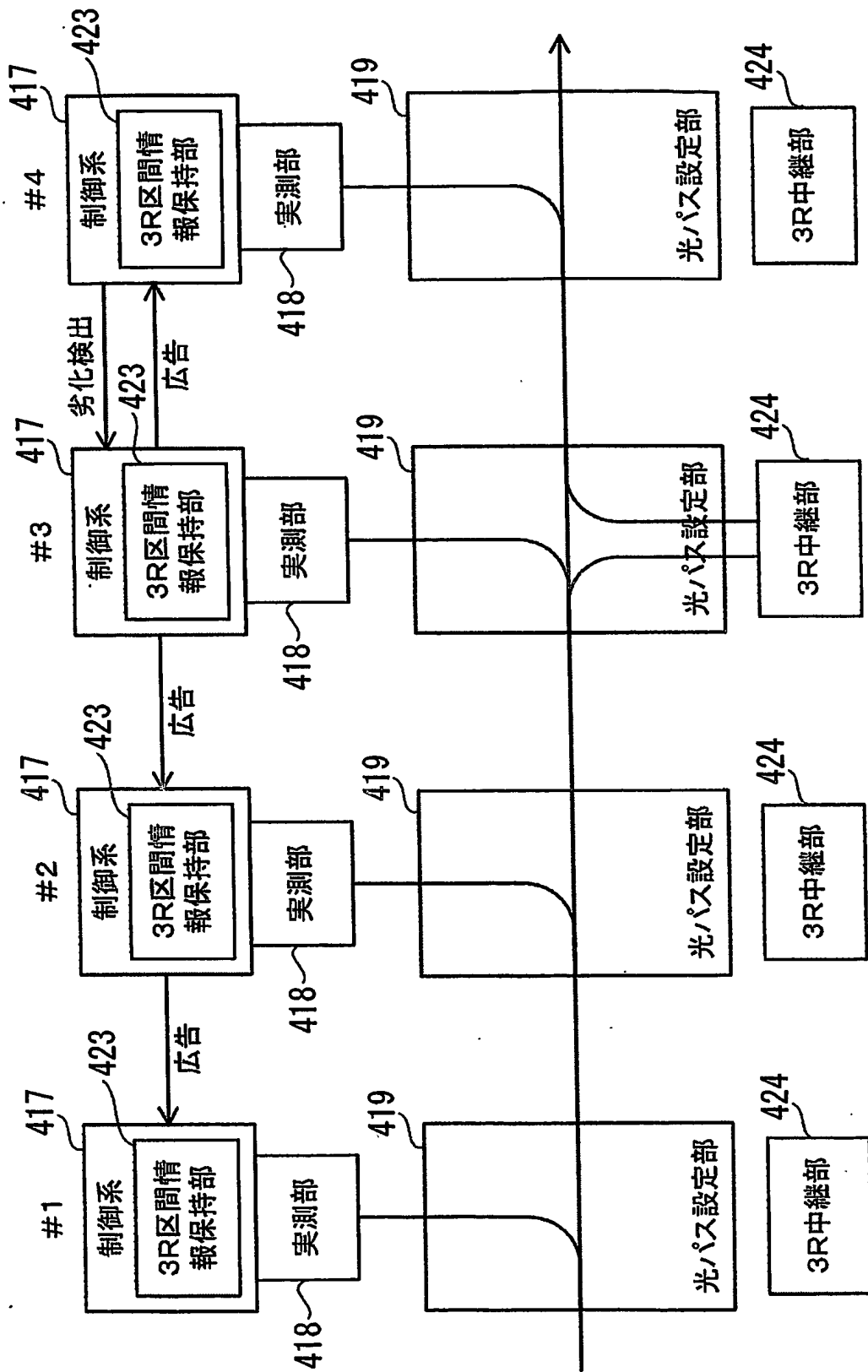
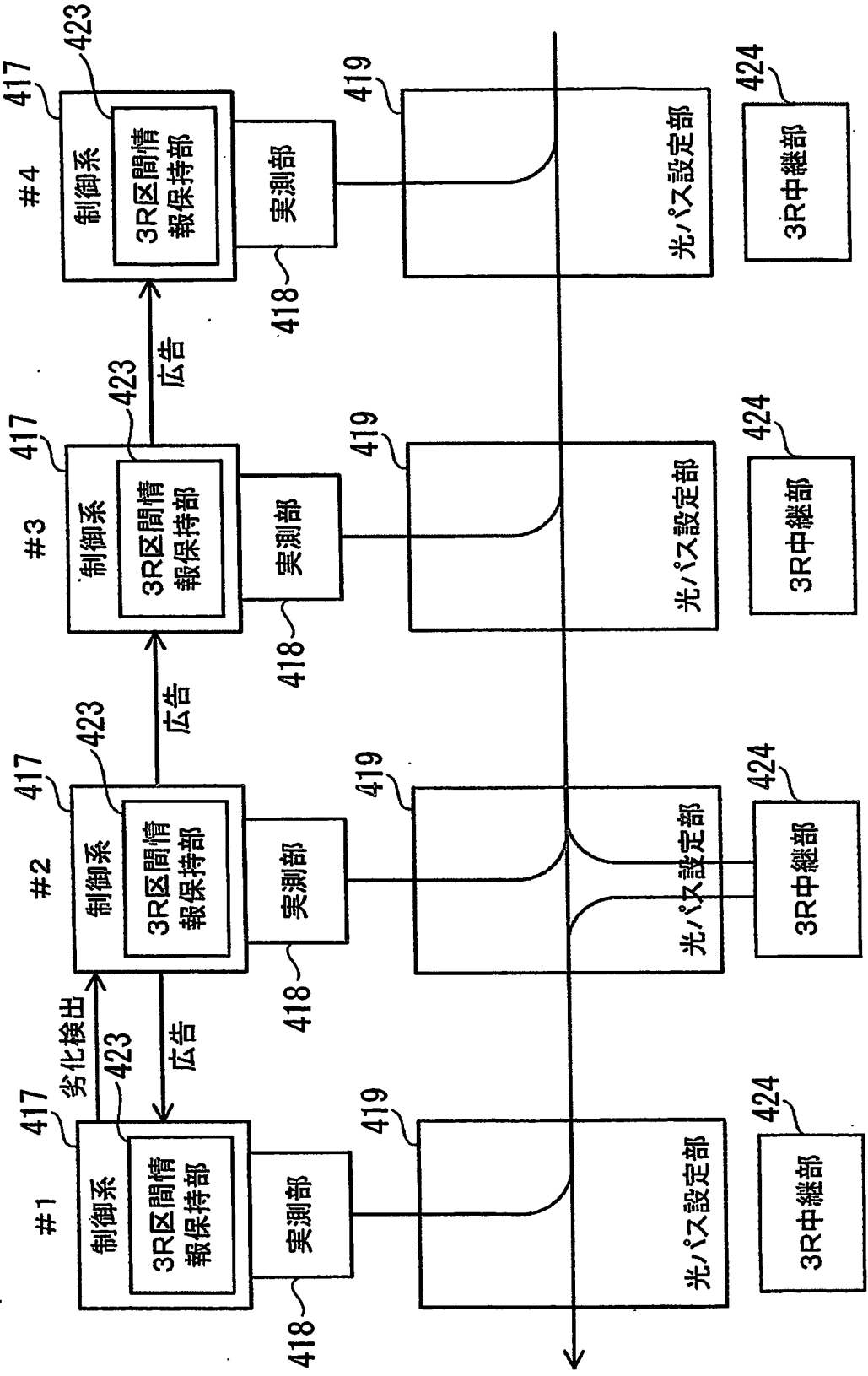


図 7 5



56/66

図 7 6

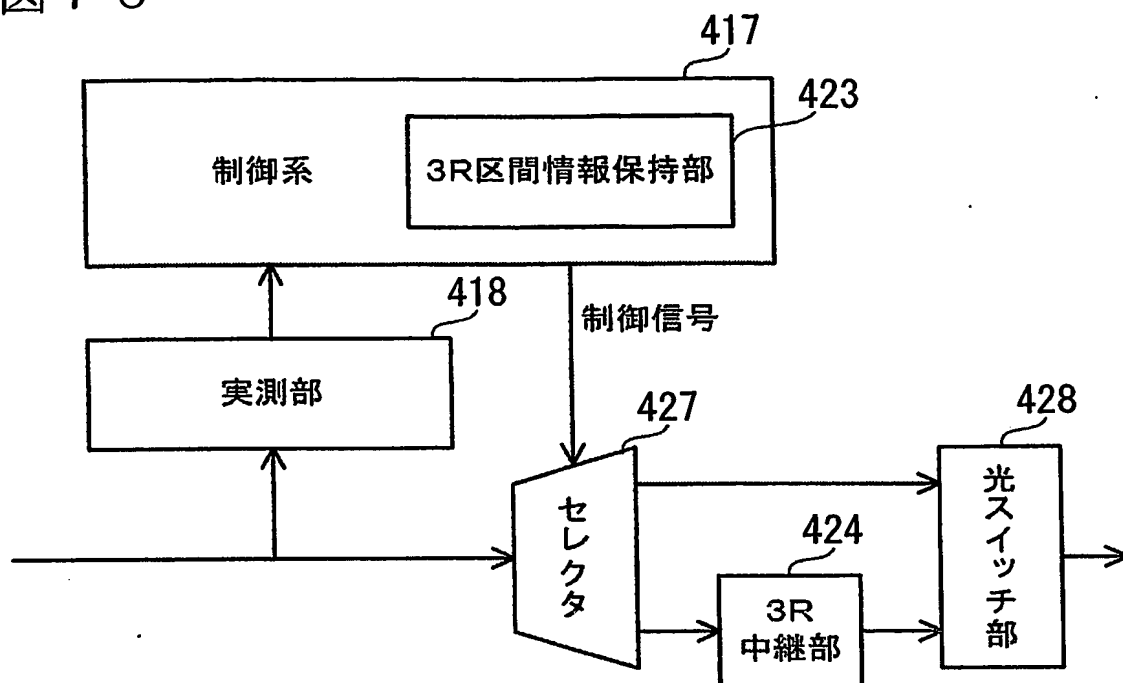
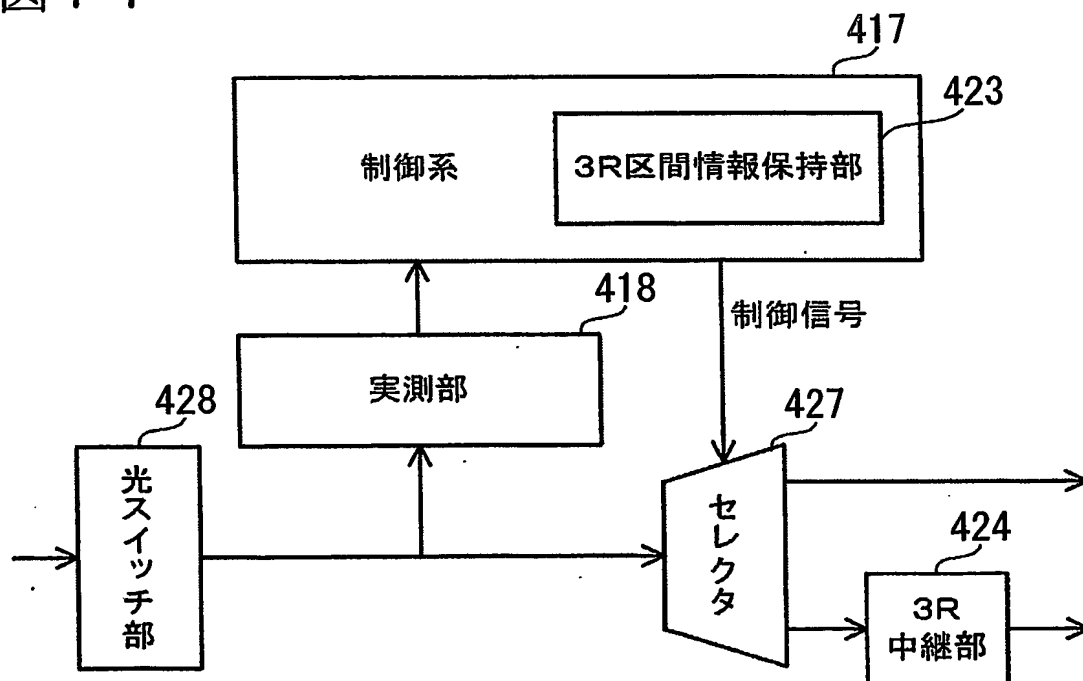


図 7 7



57/66

図 7 8

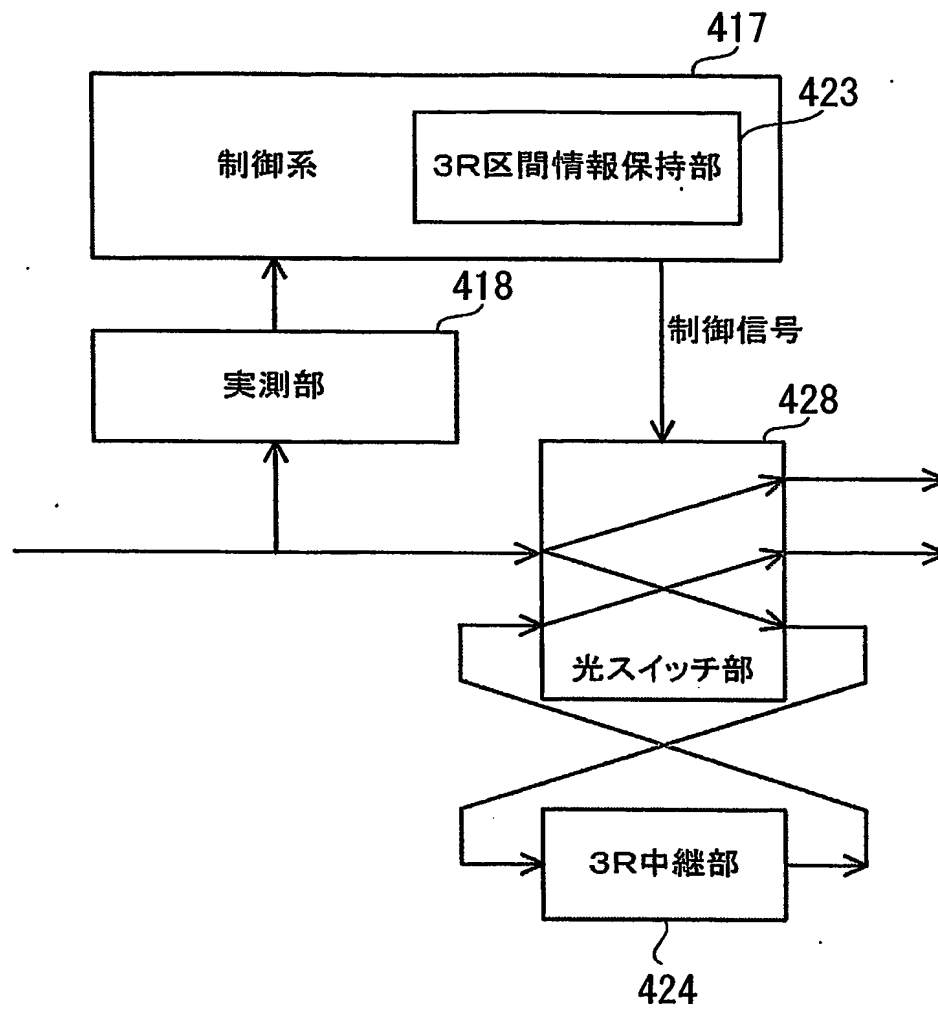
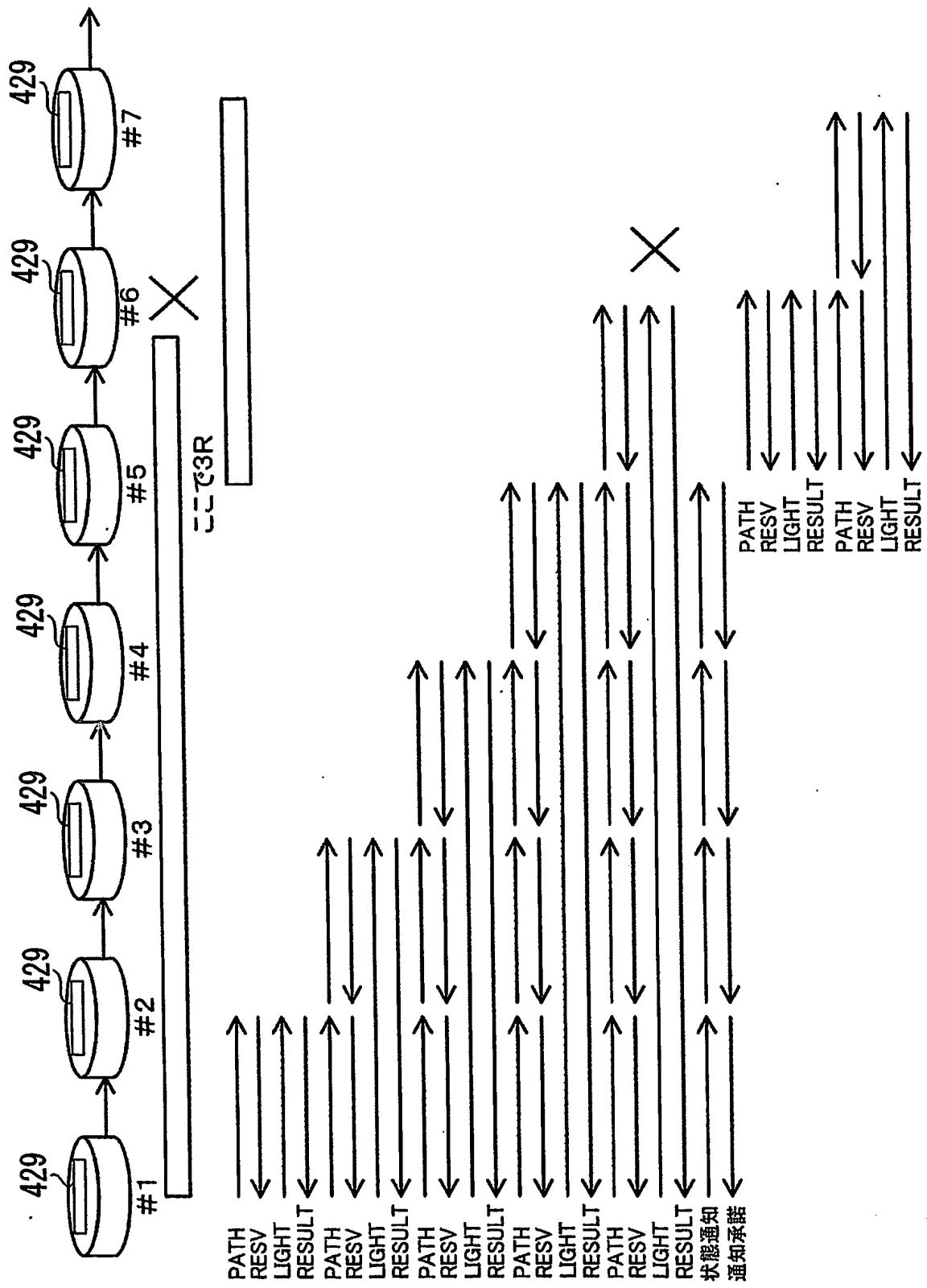


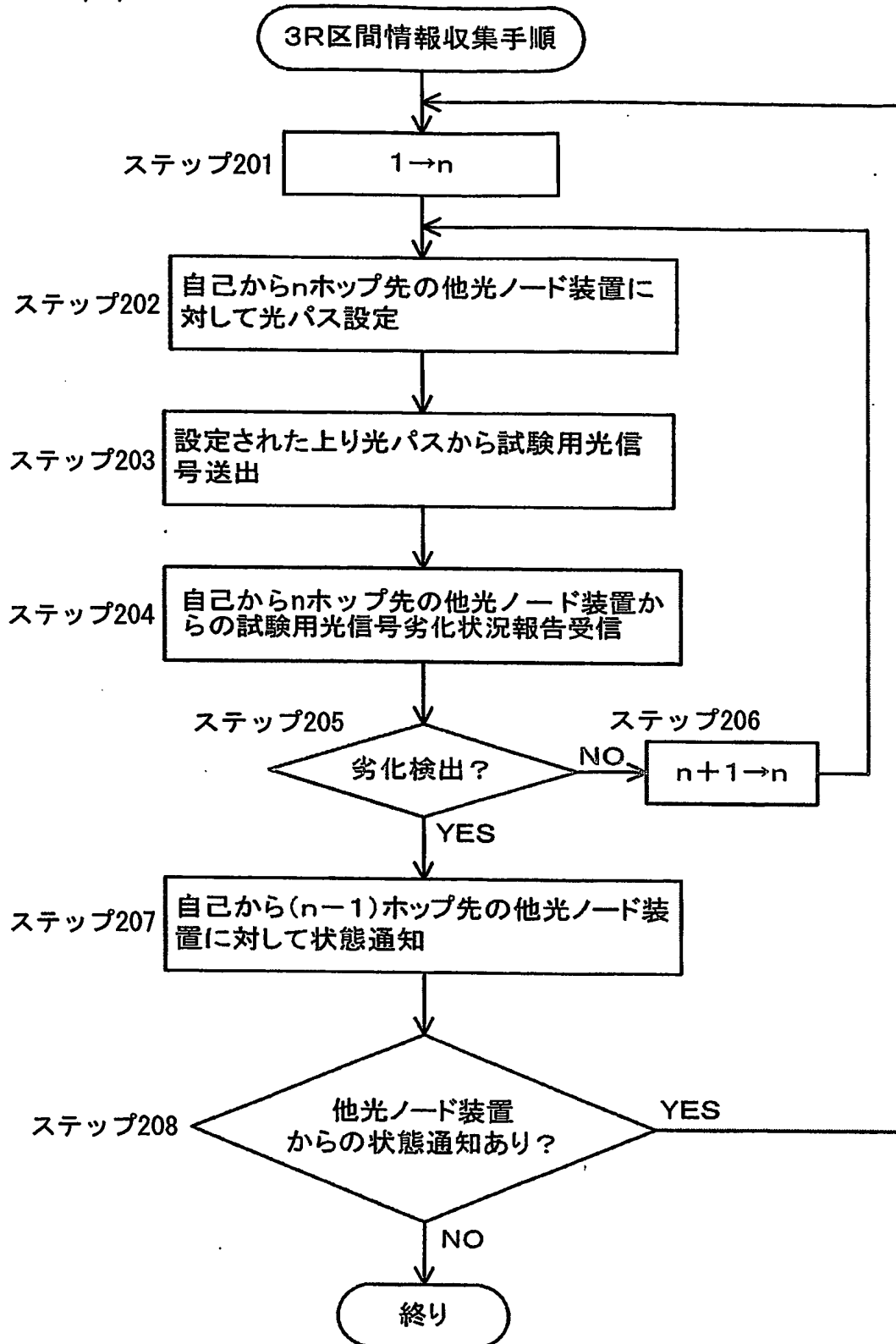


図 79

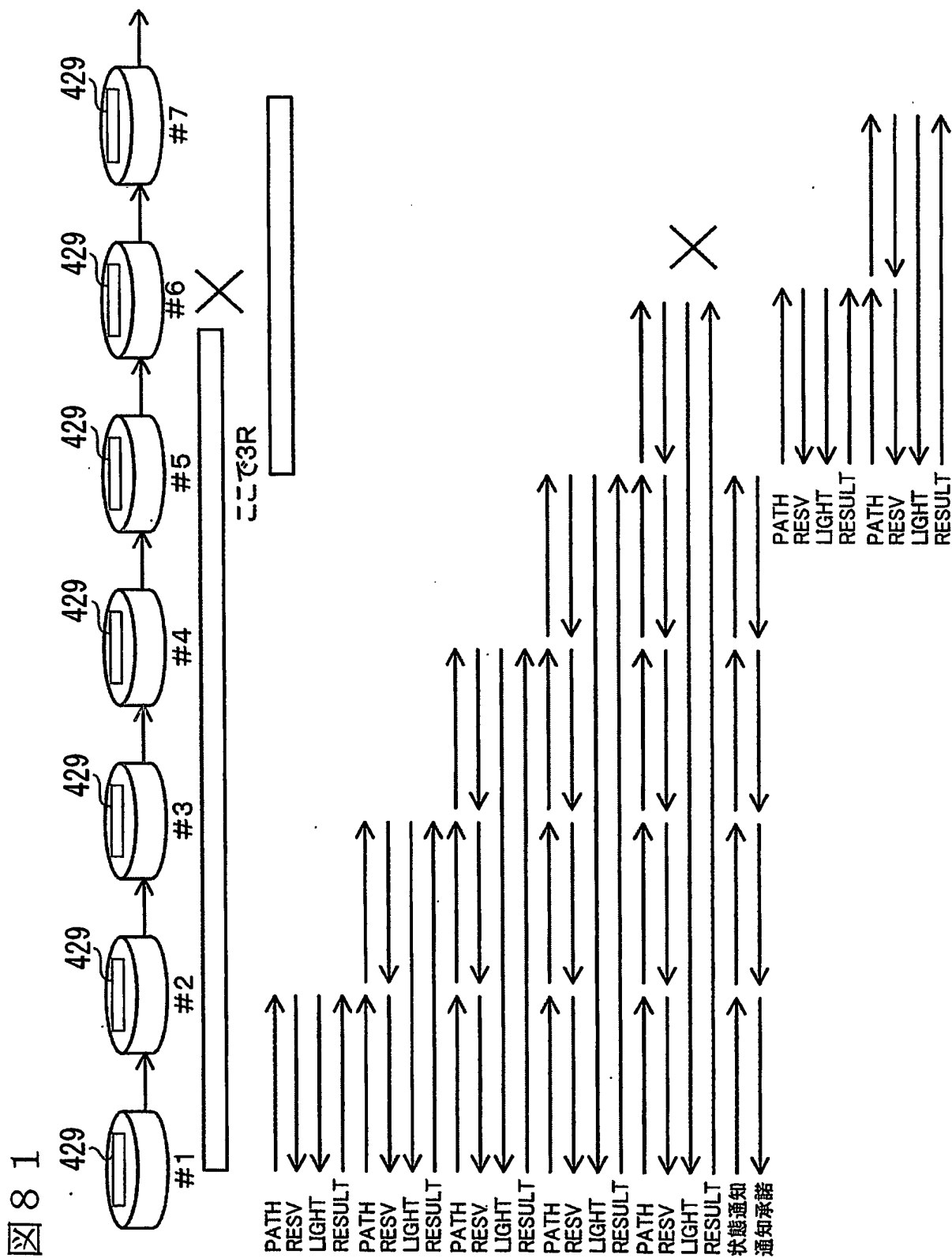


59/66

図 80

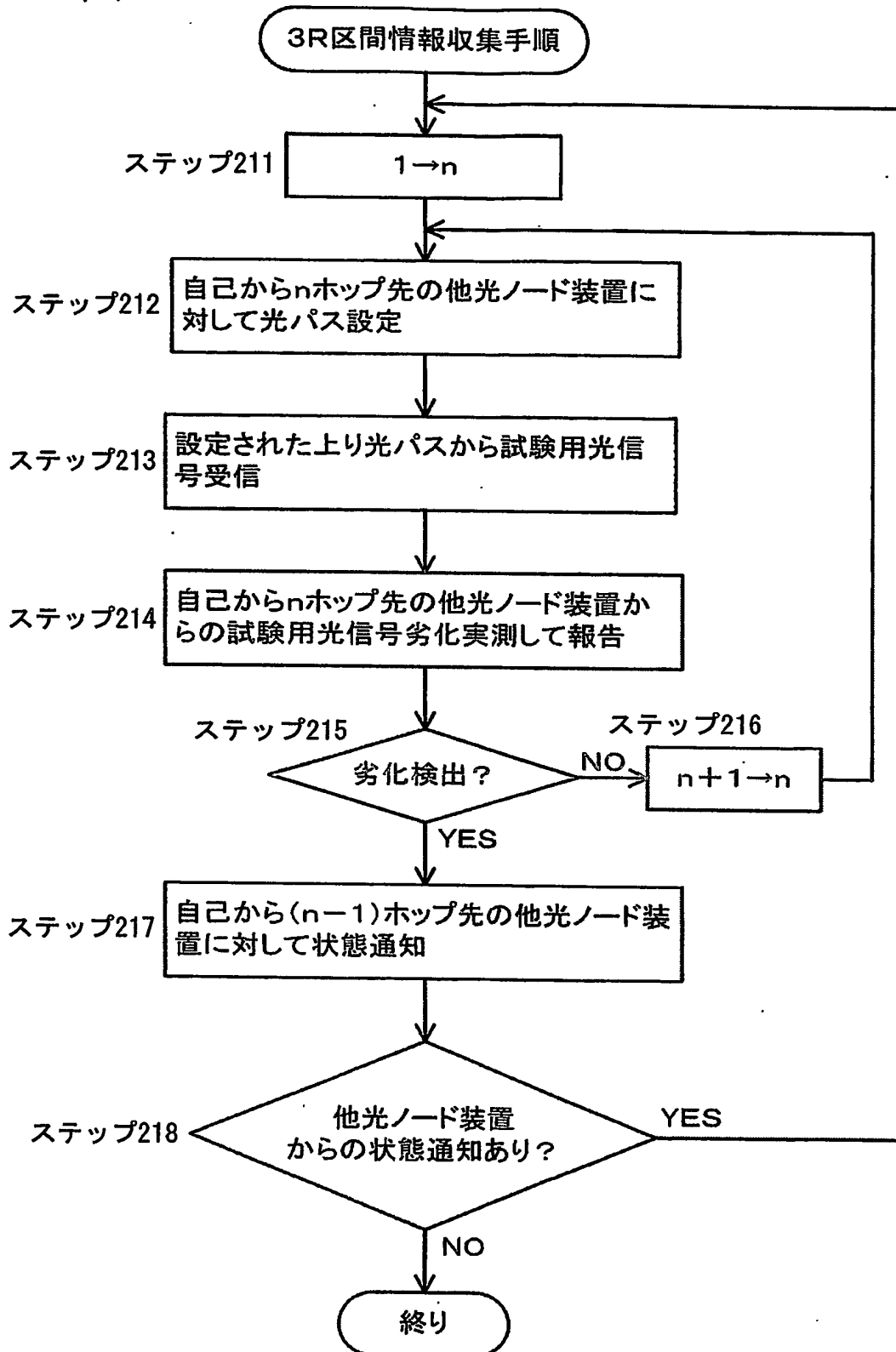


60/66



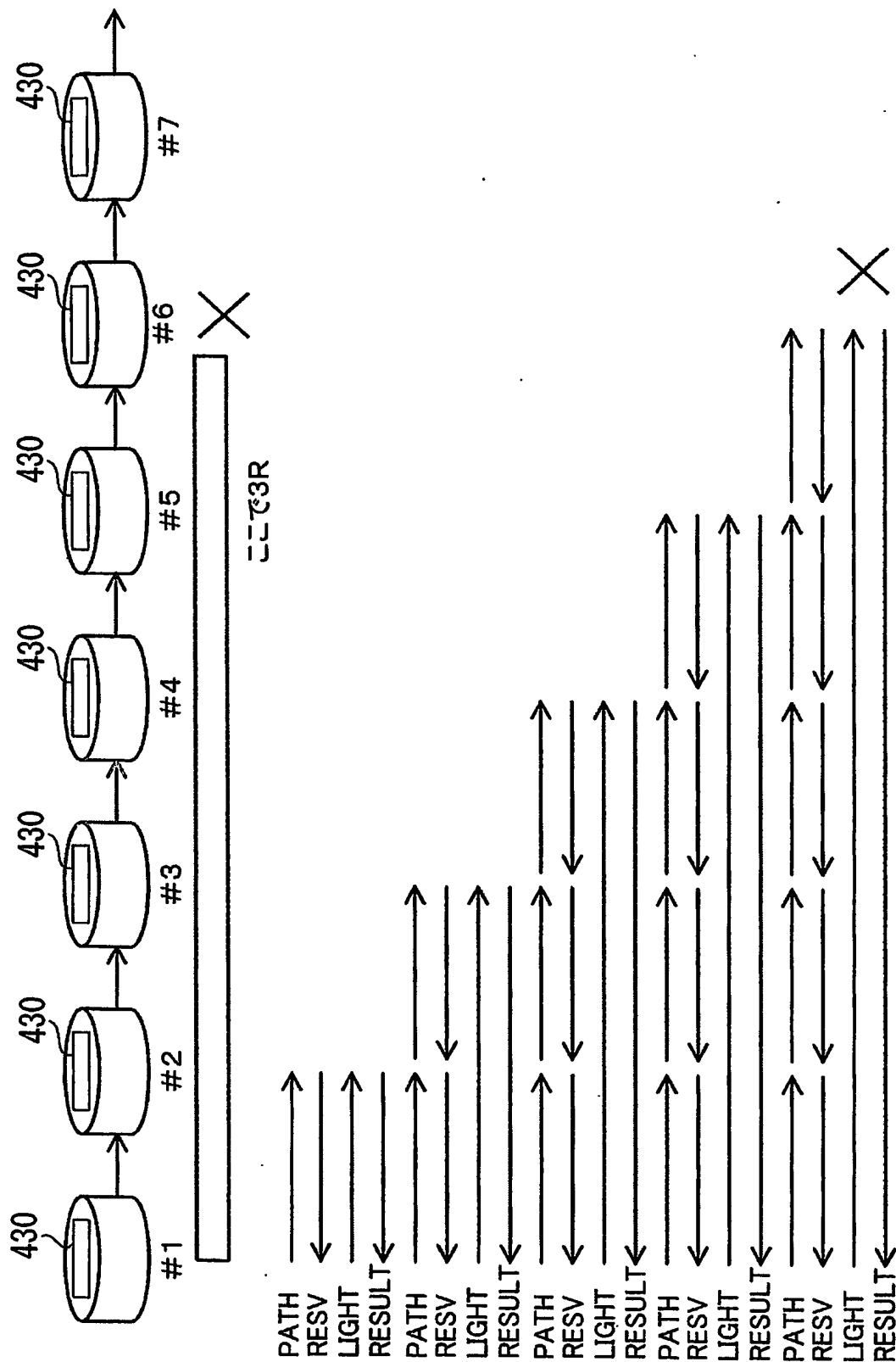
61/66

図 8 2



62/66

図 83



63/66

図 8 4

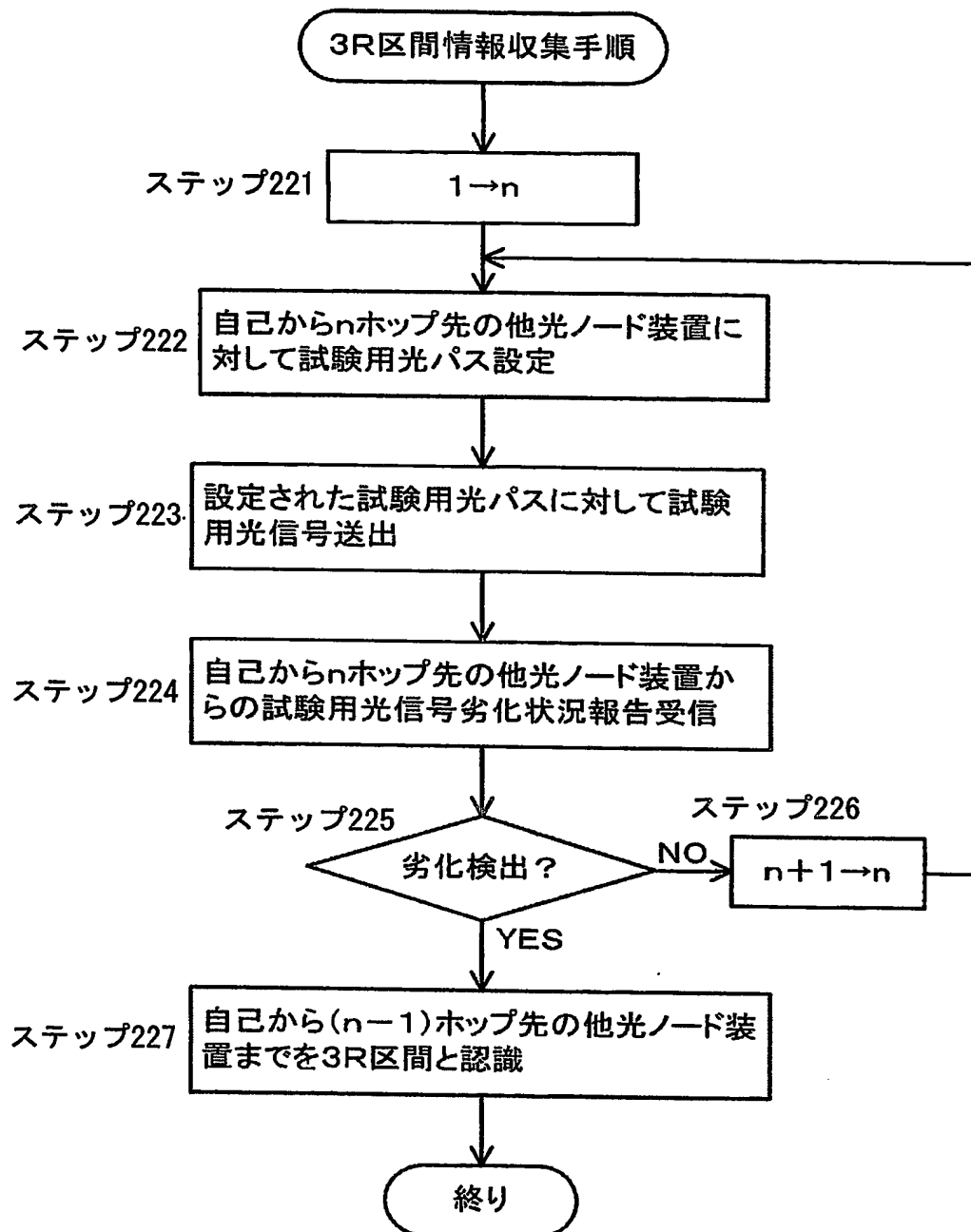
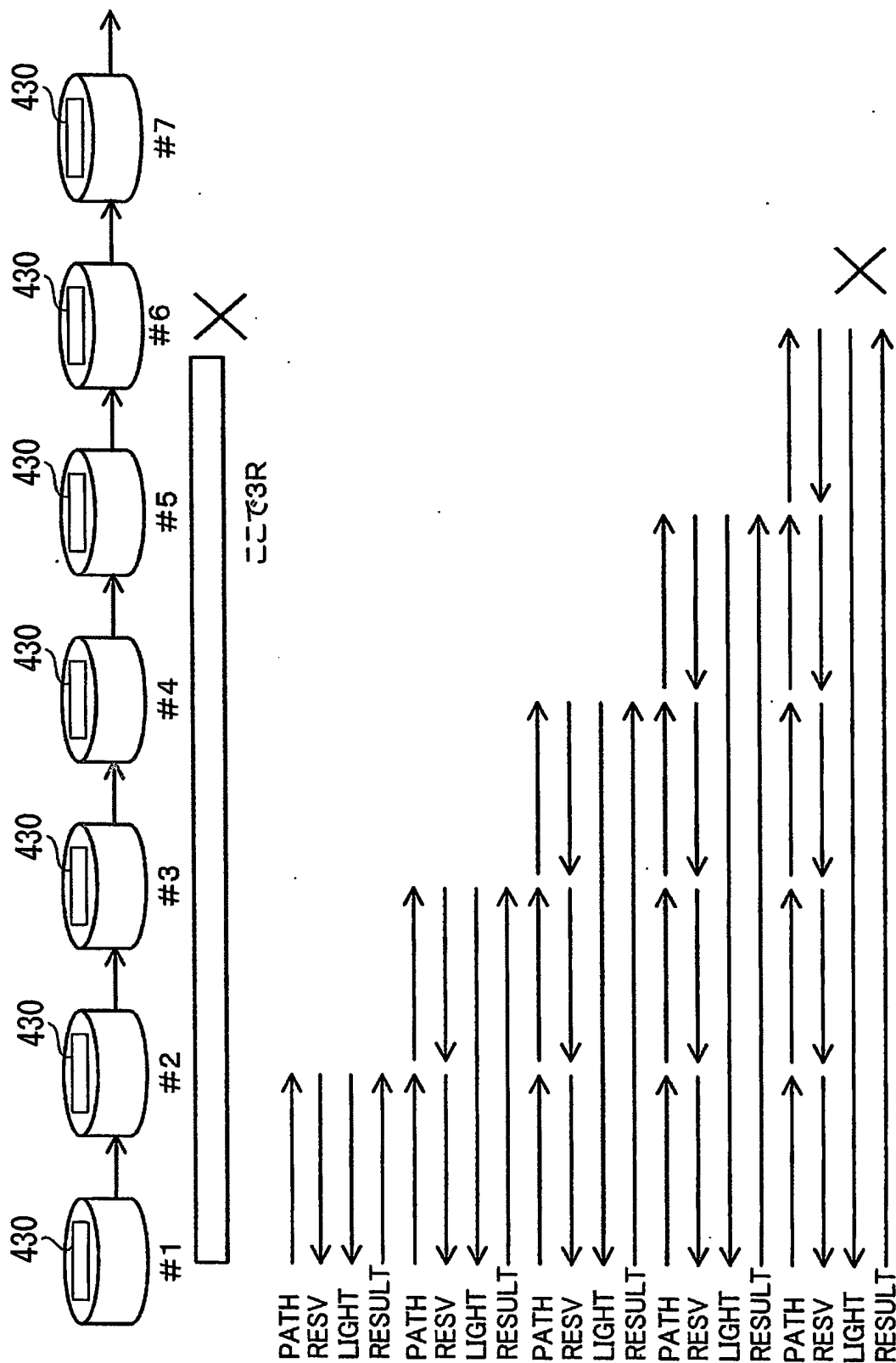
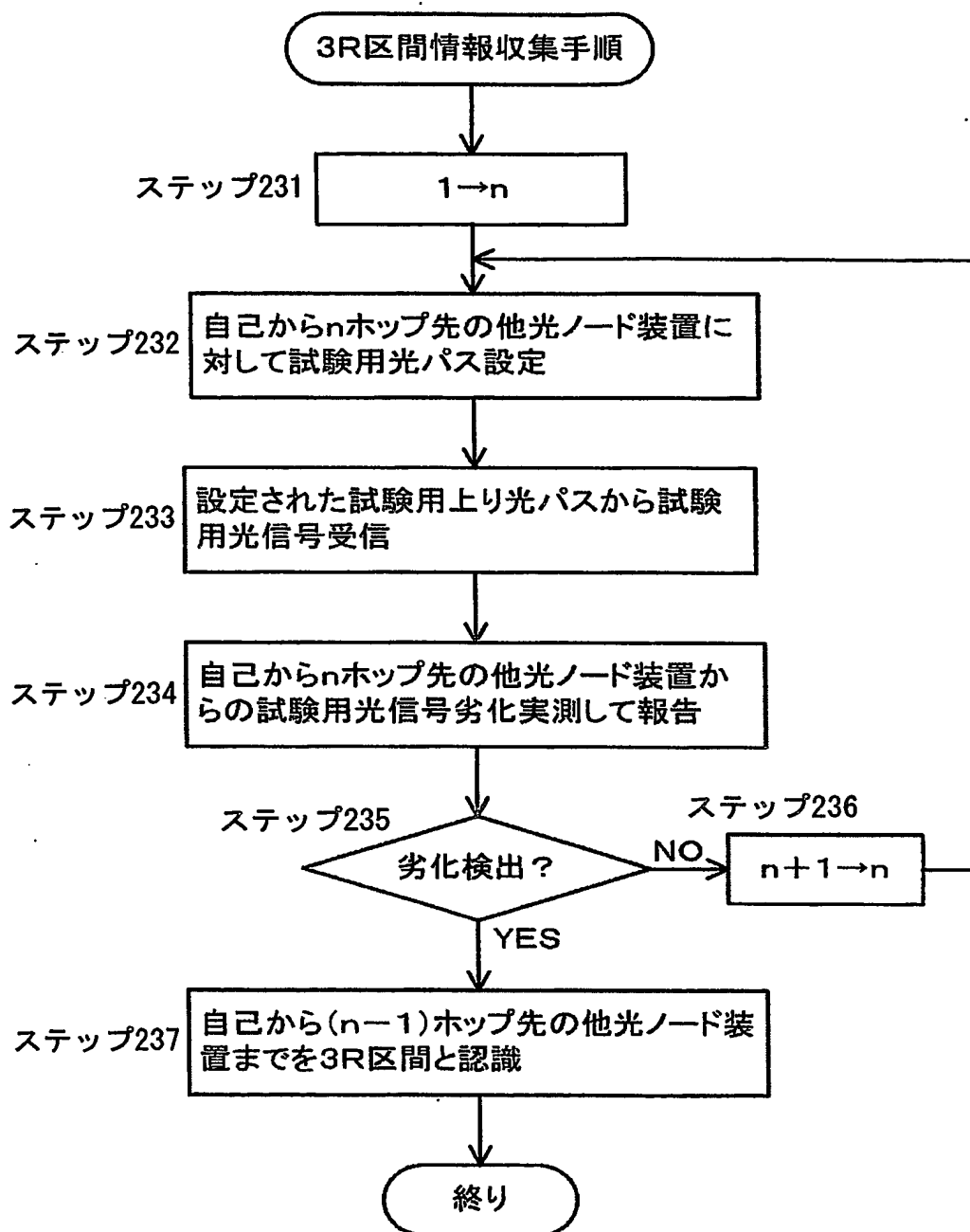


図 8 5



65/66

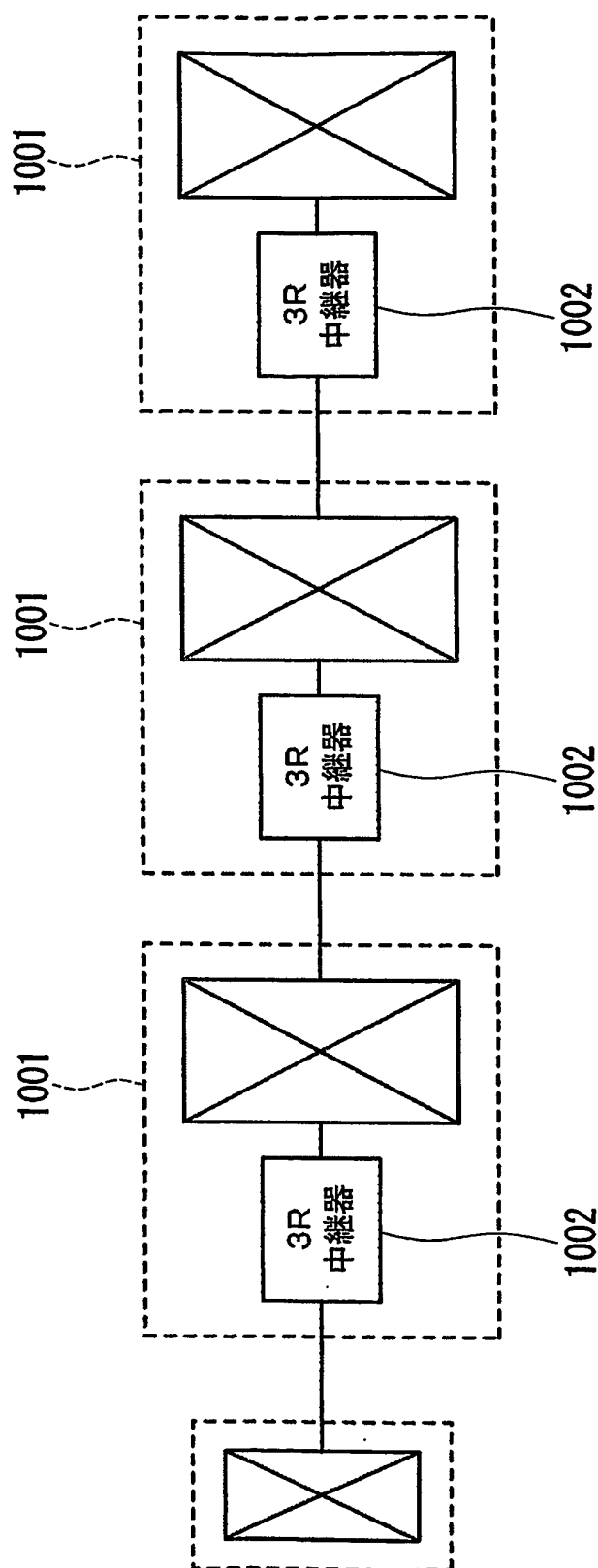
図 8 6





66/66

図 87



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/003301

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H04L12/24, H04B10/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H04L12/24, H04B10/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-2441098 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 29 August, 2003 (29.08.03), Fig. 3 (Family: none)	1-88
A	JP 2003-234771 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 22 August, 2003 (22.08.03), Fig. 1 (Family: none)	1-88
A	JP 02-052535 A (Fujitsu Ltd.), 22 February, 1990 (22.02.90), Fig. 1 (Family: none)	1-88

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
08 June, 2004 (08.06.04)Date of mailing of the international search report  
22 June, 2004 (22.06.04)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl.<sup>7</sup> H04L 12/24, H04B 10/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl.<sup>7</sup> H04L 12/24, H04B 10/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
日本国登録実用新案公報 1994-2004年  
日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2003-244098 A (日本電信電話株式会社)、2003.08.29、 図3 (ファミリー無し)	1~88
A	J P 2003-234771 A (日本電信電話株式会社)、2003.08.22、 図1 (ファミリー無し)	1~88
A	J P 02-052535 A (富士通株式会社)、1990.02.22、図1 (フ ァミリー無し)	1~88

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 08.06.2004

国際調査報告の発送日 22.6.2004

国際調査機関の名称及びあて先  
日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
石井 研一

5X 8124

電話番号 03-3581-1101 内線 3596